
ÉTUDE DE QUELQUES NORMES SANGUINES
DU SAUMON COHO (ONCORHYNCHUS KISUTCH)
ÉLEVÉ EN BRETAGNE

THÈSE

présentée

à L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD de LYON
(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement

le 5 janvier 1978

par

René, Jean, Jules ROCHE

né le 15 octobre 1952

à St Méen Le Grand (35)

ÉTUDE DE QUELQUES NORMES SANGUINES
DU SAUMON COHO (ONCORHYNCHUS KISUTCH)
ÉLEVÉ EN BRETAGNE

THÈSE

présentée

à L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD de LYON

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement

le 5 janvier 1978

par

René, Jean, Jules ROCHE

né le 15 octobre 1952

à St Méen Le Grand (35)



- DIRECTEUR Monsieur le Professeur FROGET
 - DIRECTEURS HONORAIRES..... Messieurs les Professeurs TAPERNOUX, FLORIO

PROFESSEURS

- 1° - Pharmacie et Toxicologie..... M. LORGUE
 2° - Anatomie descriptive - Extérieur - Anatomie appliquée..... M. BARONE
 3° - Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie..... M. BOST
 4° - Histologie - Embryologie - Anatomie Pathologique..... M. TISSEUR
 5° - Hygiène et Industrie des Aliments d'Origine Animale..... M. FLACHAT
 6° - Parasitologie et Maladies Parasitaires..... M. EUZEBY
 7° - Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores - Législation Vétérinaire..... M. FONTAINE
 8° - pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-Cour..... M. COTTEREAU
 9° - Technique chirurgicale - Pathologie chirurgicale..... M. COULON
 10° - Obstétrique - Pathologie de la Reproduction..... M. BERTRAND
 11° - Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie..... M. OUDAR
 12° - Ethnologie - Zootechnie - Economie Rurale..... M. FROGET
 13° - Botanique appliquée - Agronomie - Alimentation..... M. WOLTER
 14° - Physique et Chimie biologiques et médicales.....
 15° - Maladies Contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire..... M. JOUBERT

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. CHANTEGRELET, DELATOUR, DESCHANEL, JEAN-BLAIN, LAPRAS, LE NIHOUANNEN.

MAITRES DE CONFERENCES

MM. BOIVIN, GASTELLU, MOUTHON.

M. PRAVE.

MAITRES-ASSISTANTS AGREGES

MAITRES-ASSISTANTS

Mme CHAUVE, MM. FRANCK, FAU, GARNIER, GEVREY, GOUY, KECK, LABE, Mlle LAVAL, M. LEGEAY, Mme RACHAIL, M. RICHARD.

ASSISTANTS

MM. BELLI, BEZEAUD, CHEVRIER, Mlle COURSAT, MM. DEGUELLE, DEMONT, DESCOTES, EUZEBY, Mlle FLEURY, GENIN, MOREAU, NEYRET, PERROTIN, Mme SIMONET, M. SOTTIAUX.

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président : M. le Professeur..... de la Faculté de Médecine.
Premier assesseur : M. le Professeur..... de l'Ecole Nationale Vétérinaire.
Deuxième assesseur : M. le Professeur..... de l'Ecole Nationale Vétérinaire.

L'Université Claude Bernard (Médecine-Pharmacie) de LYON et l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554224_0032

A Monsieur Le Professeur LOUISOT

qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse.

Hommages Respectueux.

A Monsieur Le Professeur MOUJON

En remerciement pour la bienveillance avec laquelle il a
accepté et soutenu notre travail.

Hommages Respectueux.

A Monsieur Le Professeur FOST

qui a bien voulu faire partie de notre jury de thèse.

Hommages Respectueux.

Je tiens à remercier tout particulièrement pour leur collaboration :

- Madame MEVEL du Laboratoire National de Pathologie
des Animaux aquatiques de BREST.
- Les Docteurs TIXERAND, ALDRIN et BAUDIN du Laboratoire
National de Pathologie des Animaux aquatiques de BREST.
- Monsieur HARACHE et Monsieur BOEUF du C.N.E.A.O.-C.O.B.
à BREST.

A ma famille.

A mes amis.

ETUDE DE QUELQUES NOBLES

SANGUINES DU SAUMON COHO

(ONCORHYNCHUS KISUTCH)

ELEVE EN BRETAGNE

I N T R O D U C T I O N

En pisciculture les poissons vivent en population dense. La morbidité et la mortalité sont importantes, qu'elles soient d'origine infectueuse ou alimentaire, liées à la pollution ou à la technique même d'élevage.

Pour un certain nombre d'affections déjà bien connues, le diagnostic peut être très vite établi; pour d'autres, il n'en est pas de même et une étude nécropsique, une recherche parasitaire, bactériologique, virologique ou toxicologique n'est pas toujours aisée et retarde la mise en oeuvre des mesures thérapeutiques et prophylactiques.

Largeement utilisée en médecine humaine et en médecine vétérinaire, l'étude hématologique représente une aide appréciable et parfois un élément déterminant pour l'établissement d'un diagnostic. Pour cela, la condition première est de bien connaître la composition cellulaire et chimique du sang d'individus considérés comme sains dans les conditions bien définies où ils se trouvent.

Commencé voilà quelques années en France, l'élevage du saumon coho tend à se développer en Bretagne. L'étude biochimique de cette espèce est encore mal connue en France. Nous avons étudié quelques paramètres sanguins de ce poisson.

La première partie de ce travail présente le poisson et son aquaculture puis un résumé des connaissances obtenues dans le domaine hématologique de la recherche ichtyologique.

Dans une seconde partie, nous rapportons les travaux réalisés sur des poissons en cours d'élevage aux deux stades de celui-ci : eau douce et eau de mer.

P R E M I E R E P A R T I E

E T U D E B I B L I O G R A P H I Q U E

CHAPITRE I: Le saumon Coho, poisson d'aquaculture en Bretagne.

A - Le saumon Coho.

B - La production de saumons de consommation.

CHAPITRE II: Modifications physiologiques des normes biochimiques du sang
chez les poissons.

A - Facteurs intrinsèques.

B - Facteurs extrinsèques.

CHAPITRE I - LE COHO : POISSON D'AQUACULTURE EN BRETAGNE.

Dès la fin du XIXème siècle, de nombreux pays créèrent des écloseries pour repeupler des zones marines et remédier à la surexploitation des fonds de pêche. A cette aquaculture de repeuplement, vint s'ajouter une aquaculture de production, par intérêt économique important pour les espèces de grande valeur marchande, dont la maîtrise de l'élevage fut possible jusqu'à une taille commercialisable.

L'élevage du saumon Coho en Bretagne est un exemple de cette orientation prise par un secteur de la recherche océanographique en France.

A - LE SAUMON COHO.

I - Présentation

Nous trouvons ce poisson parmi l'une des espèces de saumons du Pacifique, représentées par le genre "Oncorhynchus" qui se distingue notamment des autres salmonidés par la présence d'une nageoire anale plus longue comportant 14 à 20 rayons (24). Oncorhynchus kisutch (saumon Coho, saumon argenté) est un poisson de taille moyenne (5 kg, mais atteignant parfois 7 kg), vivant sur la côte américaine du Pacifique, de la Californie à l'Alaska.

2 - Biologie

Les saumons, poissons migrateurs amphibiotes, partagent leur cycle biologique entre l'eau douce des rivières et la mer; ils sont anadromes (syn. : potamotoques) : ils remontent les rivières pour s'y reproduire (27).

Aux U.S.A., les oeufs éclosent en hiver dans des zones bien oxygénées à fond de graviers et de galets. Les jeunes (parrs ou tacons) se nourrissent de petits invertébrés aquatiques et vivent ainsi dans les cours d'eau jusqu'au moment où les poissons deviennent argentés (smolts) et migrent vers la mer. Carnassiers voraces, ils y resteront jusqu'au moment de leur maturation sexuelle (vers 3 ans, 1 an à 5 ans pour les cas extrêmes); à cette période, (généralement en automne) les grands saumons remontent en eau douce, se colorent et prennent leur livrée nuptiale pour mourir après la première fraye, au début de l'hiver.

F - LA PRODUCTION DE SAUMONS DE CONSOMMATION:

La Norvège fut la première, dès 1962, à tenter l'expérience de l'élevage marin du saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*); par la suite, les exemples étrangers permirent à la France d'envisager une salmoniculture intensive pour la production du Coho.

I - L'exemple américain

On distingue deux types d'aquaculture sur la côte Pacifique de l'Amérique du Nord (5) :

- une aquaculture gouvernementale : aquaculture extensive ou "sea ranching". L'insémination artificielle et la production de smolts mises en oeuvre permettent 60 % de reprise le long des côtes par la pêche professionnelle et 27 % de retour dans les écloseries; aussi le gouvernement canadien envisage-t-il un investissement pour doubler le stock de saumons du Pacifique, d'ici à 1990.

- une aquaculture privée : aquaculture intensive approvisionnée à partir des écloseries gouvernementales, elle a pu produire 900 tonnes de poissons en 1975.

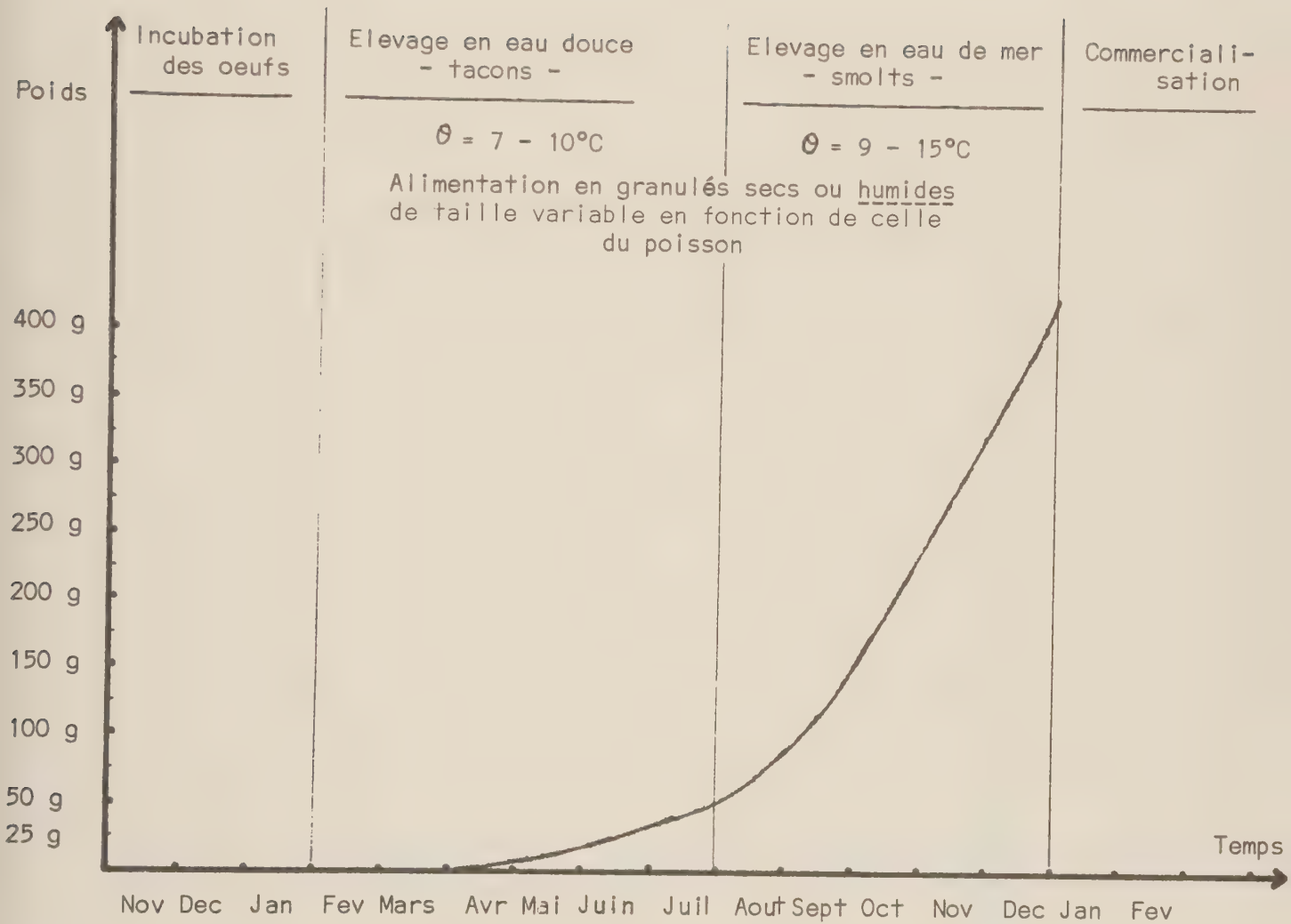
L'objectif nord-américain (14) pour un élevage idéal basé sur les deux temps de l'élevage : production de smolts en eau douce et passage en mer, est résumé dans le tableau ci-après (cf. figure n°1).

2 - L'élevage en France

a) Historique

L'élevage du saumon Coho a débuté en Charente, en 1970, chez le Dr. vétérinaire R. BELLET (3); ce dernier s'est orienté, à la suite de l'expérience du lac Michigan, de 1964 à 1967, vers la production en eau douce uniquement et semble obtenir de bons résultats (une moyenne de 1 200 g à 19 mois).

Le C.N.E.X.O. (Centre National pour l'Exploitation des Océans), en 1971, inspiré du modèle américain, tentait l'expérience;



- fig. n°1 : L'EXEMPLE NORD-AMERICAIN (d'après CURTIS) -

PRODUCTION

..... eau douce
xxxxxxx mer
+++++ commercialisation

EXPERIMENTATION

----- eau douce
----- mer
+++++ commercialisation

Poids

1000 g
900 g
800 g
700 g
600 g
500 g
400 g
300 g
200 g
100 g
50 g
30 g

D J F N A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S

Temps

- fig. n°2 : REALISATION ACTUELLE DE L'ELEVAGE DU SAUNON COHO EN BRETAGNE -

ainsi, début 1974, la S.O.D.A.B. (Société pour le Développement de l'Aquaculture en Bretagne) fut créée dans le but de démontrer que l'élevage du Coho était réalisable, tant sur le plan technique que sur le plan économique.

b) Modalités

On peut distinguer 3 phases essentielles dans le mode actuel d'élevage en Bretagne.

- Ecloserie et alevinage -

Les oeufs importés d'Amérique du Nord sont mis en écloserie, et, après une incubation de 40 - 60 jours à la température de 10 - 12° C, les alevins sont placés dans des bacs (10 à 15 000/m² d'eau). Pendant un mois et demi ils sont nourris par leur vésicule vitelline.

- Pisciculture d'eau douce -

Ce sont généralement d'anciennes piscicultures à truites qui sont utilisées (cf. figure n°3). Les bassins reçoivent les alevins. Suivant leur croissance, les tacons sont répartis en bassins par lots plus ou moins homogènes; à 5-6 mois on note déjà de grandes variations dans les poids : 10 à 50 g.

- Cage flottante en mer -

Le passage en eau de mer, point critique de l'élevage, est déterminé par la smoltification. Quand celle-ci intervient-elle? Les études récentes (6) ont montré qu'en fait, l'aptitude au passage en mer correspond à l'apparition d'une activité Na-K ATPasique des enzymes branchiales (cf. chapitre suivant). En mer un poisson non smoltifié reste en continuel déséquilibre osmotique et succombe à la première agression. Aussi, les importantes modifications du milieu enregistrées sur nos côtes au moment de la période estivale peuvent peut-être expliquer les échecs d'application du mode d'élevage américain en France. (La température et la salinité de l'eau aux mois de juillet et août atteignent 18-20°C à 35-36 ‰ en Bretagne contre 13-16°C à 25-32 ‰ sur la côte pacifique des U.S.A.).

La réussite de l'élevage en mer implique donc : soit un passage progressif par des salinités intermédiaires, soit une taille garantissant l'état post-smolt du saumon. Dans les meilleures

conditions le maximum de garanties est fourni par les poissons de plus de 100g. Par suite de la grande hétérogénéité des lots de poissons obtenus en eau douce, le passage en mer est actuellement réalisé à 4 périodes différentes étalées dans le temps en fonction de la taille des animaux (cf. figure n°2):

- printemps et automne de la première année pour les plus gros;

- printemps et automne de la seconde année pour les autres.

L'élevage en cage flottante (cf. figure n°4) amène en 8 mois les saumons à une taille commercialisable (300 à 800g pour les premiers, 400 à 1 500g pour les seconds).

c) Organisation

En 1974, le C.N.E.X.O. a passé des contrats avec la S.O.D.A.B., l'U.N.I.C.O.B. (Union des coopératives ostréicoles de Bretagne) et le G.P.A.T. (Groupement des pêcheurs artisans du Trégor), pour deux objectifs (15) :

- préparer des groupements de marins-pêcheurs aux opérations de grossissement,

- analyser la possibilité de décomposer le processus d'élevage pour en rendre certaines parties accessibles moyennant un minimum d'investissements.

Quatre centres de production existent actuellement (8) :

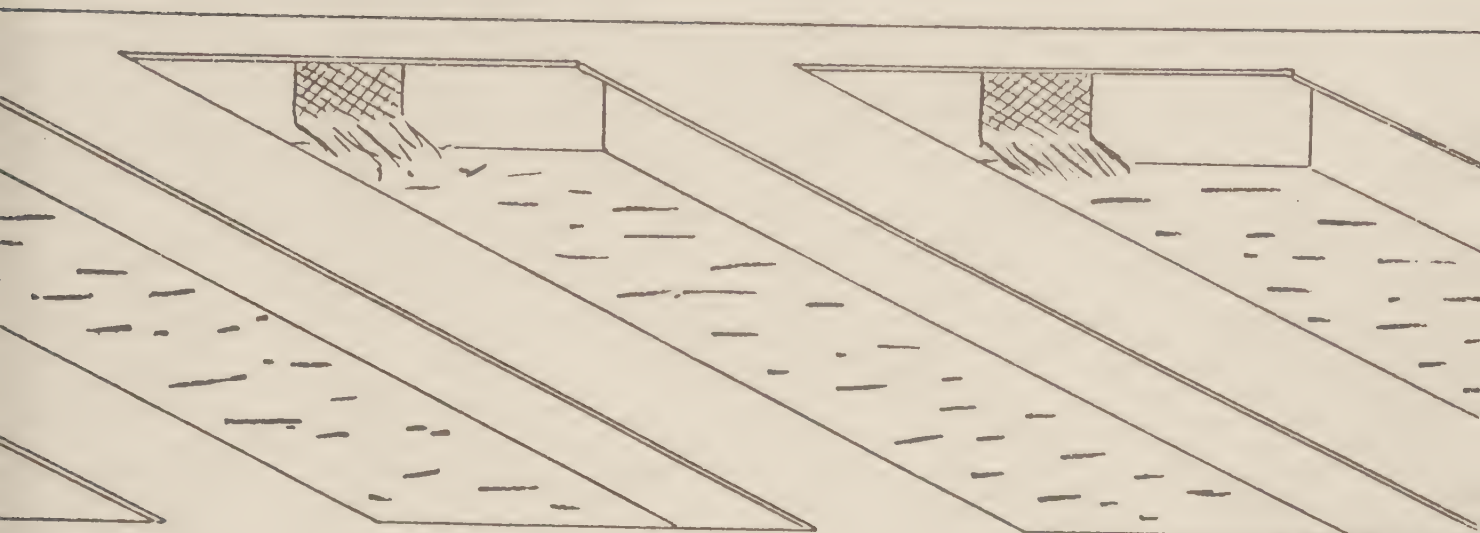
- En rade de Brest, à Lauberlach, la COMAT (Coopérative maritime aquacole du Tinduff) a produit 4,5 tonnes en 1977, 2 tonnes à partir de smolts en provenance de Ploudiry dans le Finistère (pisciculture de M. CORNEC) et 2,5 tonnes à partir de smolts provenant de la SODAB. Disposant de 2 200 m³ de cages flottantes, elle est encore loin de ses possibilités.

- Sur le Jaudy, le GPAT a fourni une production modeste de 0,1 tonne en 1976, avec 2 cages de 180 m³.

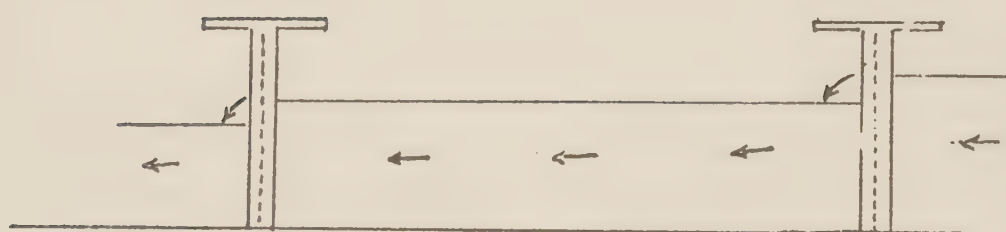
- La SODAB, (transformée en Société Anonyme au printemps 1977) dispose d'une pisciculture d'eau douce à Yvias, pour la fourniture de smolts (10 à 15 tonnes par an), d'une écloserie et de cages flottantes sur le Jaudy au Carpont (près de Tréguier); le développement d'une activité commerciale lui a permis de passer à une production accrue sur le marché :

1974 : 9 T. - 1975 : 15 T. - 1976 : 30 à 40 T.

alimentation en eau par canal de dérivation
de la rivière

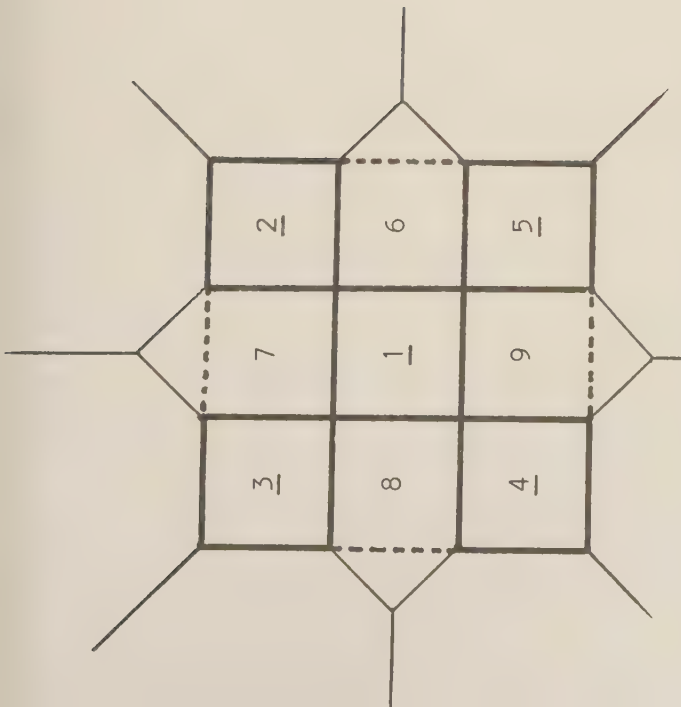


évacuation de l'eau par
canal de réalimentation
de la rivière

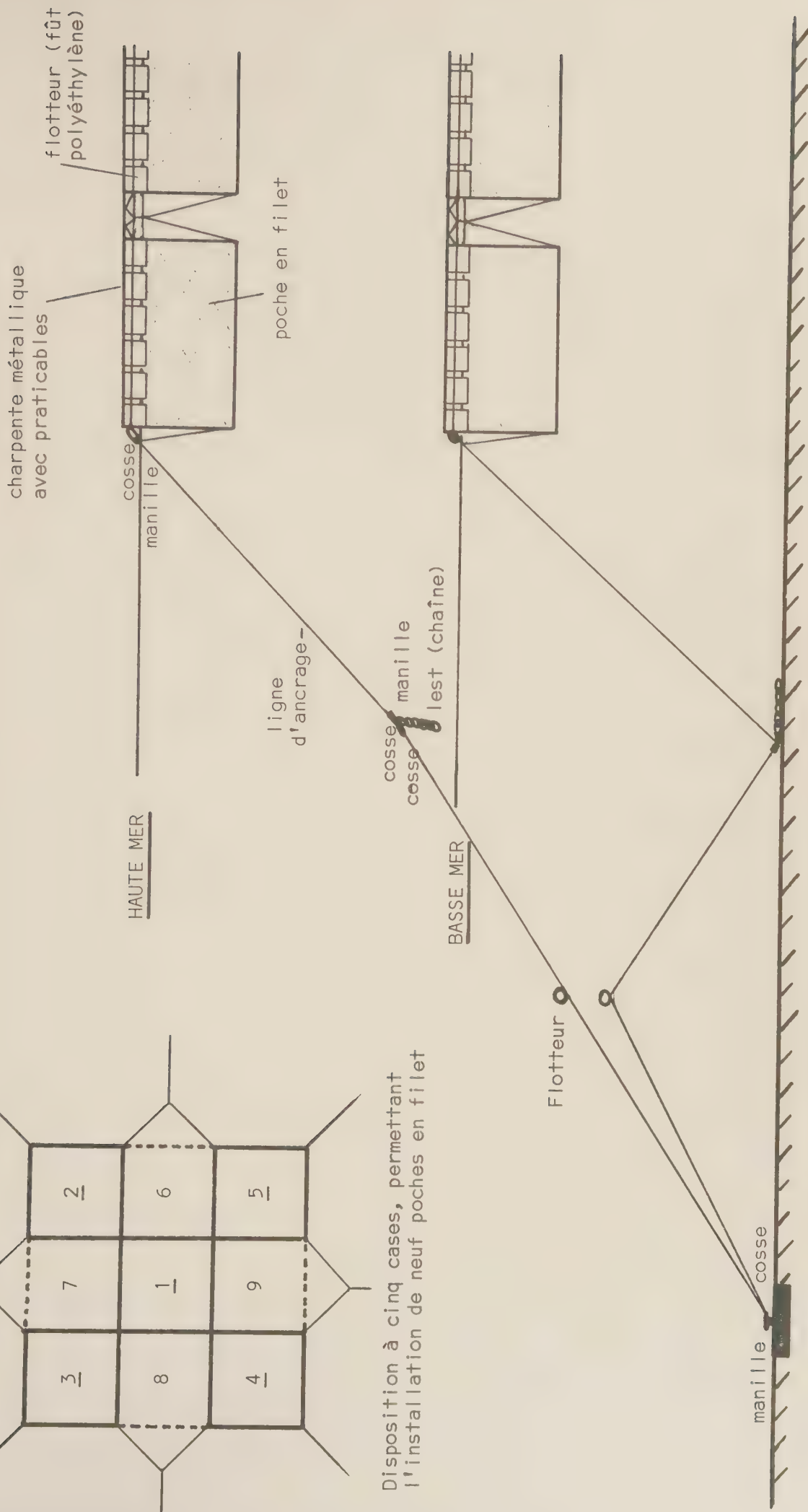


CIRCULATION DE L'EAU

fig. n°3 : SYSTEME DE BASSINS A LA PISCICULTURE D'YVIAS -
(25 x 3 x 1 m, pour une charge de 800 kg)



Disposition à cinq cages, permettant l'installation de neuf poches en filet



- fig. n°4 : SYSTEME DE CAGES FLOTTANTES EN RADE DE BREST (d'après Y. HARACHE) -

- Le comité local des Pêches Maritimes de Cherbourg, qui n'en est encore qu'à ses débuts, possède une cage flottante de 250 m³ (1 800 kg au printemps 1977).

d) Perspectives

Actuellement on commercialise des saumons de 0,4 à 1,5 kg issus d'oeufs américains mais deux objectifs sont envisagés:

- obtention de reproducteurs sur place (le prix de revient d'un oeuf importé est à présent de 8 à 9 centimes).

- production de "baby salmon" : saumons "portion" (250 - 400 g), permettant de réduire la durée d'élevage (un smolt revient à 0,60 - 0,80 F, les saumons sont vendus à Rungis 20 à 40 F le kilo selon la taille).

En fait, ce sont la demande du consommateur et la concurrence des prix étrangers sur le marché qui pourront déterminer l'orientation à prendre; certaines transformations nécessitant un poids supérieur à 1,5 kg par poisson, 94 % du saumon fumé et congelé consommé en France ces dernières années était du saumon du Pacifique importé.

En résumé, par des techniques définies et maîtrisées, l'élevage du saumon coho en Bretagne devrait permettre une production de type industriel telle que nous la connaissons déjà pour d'autres espèces animales.

CHAPITRE II - MODIFICATIONS PHYSIOLOGIQUES DES NORMES BIOCHIMIQUES DU SANG CHEZ LES POISSONS.

Dans le monde des Vertébrés supérieurs, l'évolution du milieu intérieur sous les incidences biologiques est bien établi pour certaines espèces; ainsi, la connaissance des composantes chimiques "standard" du sang, permet d'interpréter les résultats d'une analyse.

Le chapitre suivant tente de montrer, par une étude synthétique des résultats épars obtenus dans le domaine ichthyologique, les influences nombreuses qui s'exercent sur l'hématologie des poissons.

A - FACTEURS INTERVÉNANTS.

1 - Le groupe - L'espèce - La lignée

Le groupe, l'espèce et la lignée interviennent de façon importante sur les normes sanguines des poissons, tous les paramètres semblent concernés. A titre indicatif, sur des poissons pêchés en mer, on a relevé (33) :

Protéines Totales (g/100 ml)	Hémoglobine (g/100 ml)	Glucose (mg/100 ml)
holocéphales : 2,5	raie batis : 2,9	baudroie : 1,1
élasmodontes : 2,6	merlan : 5,2	plie cynoglosse : 11
téléostéens : 4,1	hareng : 14	chimère : 23,1
		plie : 34
		maquereau : 43,3
		morue : 49,5
		aiglefin : 57,7
		hareng : 66

Une étude comparée (60) (61) au sein des salmonidés, (Coho, truite arc-en-ciel, Chinook) au même âge et à la même température sur des paramètres sanguins, rapporte :

- hémoglobine (Hb) et hématocrite (Hct) identiques chez le Chinook et le Coho.

- glucose, Cl^- , urée : même valeur chez la truite arc-en-ciel et le Coho.

- protéines totales et cholestérol différents chez la truite arc-en-ciel et le Coho.

	Coho	truite arc-en-ciel	Chinook
Hb (g/100 ml)	6,5 - 9,9	-	6,2 - 9,3
Hct (%)	32,5 - 52,5	-	34,2 - 47,8
glucose (mg/100 ml)	41 - 135	41 - 151	-
urée (mg/100 ml)	0,9 - 3,4	0,9 - 4,5	-
protéines totales (g/100ml)	1,4 - 4,3	2,0 - 6,0	-
cholestérol (mg/100ml)	88 - 262	161 - 365	-
CO ₂ (ml/100 ml)	24,2 - 27,8	-	-
Cl ⁻ (meq/l)	122 - 136	84 - 132	-
bicarbonates (meq/l)	9,5 - 12,6	-	-
pH	7,51 - 7,83	-	-

La truite arc-en-ciel d'élevage est représentée par diverses lignées, chez trois de celles-ci (Shasta, Idaho et Kamlops), on remarque dans les mêmes conditions des valeurs différentes pour 7 paramètres; poussée plus loin, la comparaison avec la même truite mais à l'état sauvage, montre des différences significatives également (Hb, Hct, protéines, créatinine) (2) (34) (35).

2 - L'âge

En règle générale, on peut dire que l'âge influe, et de différentes façons, sur les données sanguines chez les poissons. Chez la truite arc-en-ciel (2), les variations portent sur plusieurs facteurs : bilirubine, phosphatase alcaline, transaminases, protéines, glucose, cholestérol, créatinine, mais c'est surtout au niveau Hb, Hct, et vitesse de sédimentation que les principales variations sont enregistrées.

L'âge du poisson chez la carpe (30) influe sur les taux des protéines sériques, du glucose, du Ca et du P. La senescence chez les saumons pink et sockeye (55) se traduit après la ponte par une augmentation du K, des protéines et de l'hématocrite,

une diminution du Na, du Ca et du glucose; les poissons âgés souffrent d'une déficience en ascorbates d'où résulte une nécrose de la peau.

Etudiée sur plusieurs familles de poissons (40), la concentration en ions Na^+ dans le sang varie suivant l'âge.

Parmi les protéines plasmatiques du Coho séparées par électrophorèse (56), une fraction protéique qui pourrait être assimilée aux γ globulines des autres vertébrés augmente d'un bout à l'autre d'une période étendue de l'alevin à l'adulte frayant.

3 - La taille - Le poids

Ces facteurs interviennent dans une plus ou moins large mesure:

Chez la baudroie (41) : protéines totales, Cl, K, Na, Fe, Cu varient avec le poids et la longueur. On note une corrélation (53) entre les valeurs hématologiques, les indices de conformation et le poids chez la carpe. Les taux des protéines, des α et des β globulines des alevins de truite arc-en-ciel (47) augmentent avec la croissance.

Les variations enregistrées (51) chez le poisson-chat en fonction de sa taille sont assez larges.

4 - Le sexe

Une étude particulière sur la truite (2) et une recherche sur 60 espèces différentes (40) confirme un fait observé : le sexe n'intervient pas sur les normes sanguines avant la période de maturation des poissons; ensuite les paramètres sanguins sont souvent variables pour les mâles et les femelles et différents de ceux des immatures.

Chez le poisson-chat (51), au moment de la maturation sexuelle, les valeurs du Ca, du Fe et du cholestérol sont plus fortes chez les mâles.

L'hématocrite de la truite arc-en-ciel (47) diminue remarquablement avec le développement des gonades dans les deux sexes; les taux des protéines totales, des α et des β globulines présentent des fluctuations importantes, également à cette période. Sur des poissons adultes (44), après injection d'adrénaline, acides gras libres et protéines totales ne changent à aucun moment, mais le cholestérol augmente après 5 et 16 heures, les mâles réagissant plus que les femelles.

Les variations des fractions protéiques sont retrouvées chez le saumon : des poissons mâles et femelles placés à des concentrations salines différentes montrent (21) des variations des protéines sériques différentes selon les sexes, mais ce dernier n'intervient pas dans la diminution des lipides totaux durant la migration en eau douce vers les lieux de ponte (42).

5 - Stade biologique

Plus spécialement étudié sur les protéines plasmatiques, le stade biologique met en cause, néanmoins, divers paramètres sanguins.

La fraye et la maturation des gonades amènent des variations des taux sériques de Ca, glucose, Fe, cholestérol et azote non protéique chez le poisson-chat (51). Des variations des protéines sériques surtout globulines, sont trouvées chez la tanche (19), associées aux étapes du cycle annuel biologique principalement au moment de la reproduction et en hiver.

La concentration en ions Na^+ varie selon l'état biologique pour les migrateurs (40). Une comparaison des lipides sériques de saumons du Pacifique (42) en deux points de leur migration de fraye (côté océan et côté lieu de fraye) montre que la perte de poids pendant la migration est associée à l'utilisation de 91 à 96% des réserves de graisses; les lipides seraient le substrat principal du métabolisme énergétique des poissons. Le cholestérol total, les phospholipides, les triglycérides, les acides gras libres et les lipides totaux du sang subissent une très forte diminution durant cette période.

Chez les saumons pink et sockeye (55), les valeurs de Na, K, Ca, glucose, protéines et hématoците du sang suggèrent que durant les premiers stades qui suivent la fraye, ces poissons éprouvent un syndrome qui rappelle l'hypoadrénocorticisme des mammifères.

Cinq fractions protéiques sont séparées à l'électrophorèse du sang de saumons coho juvéniles (56); au moment de la migration, la fraction 1 est absente mais elle réapparaît rapidement chez le smolt en eau de mer. Chez ces mêmes poissons, au moment de la fraye, une fraction lipoprotéique, présumée vitelline, du sérum est associée à la formation des oeufs; cette fraction est absente chez les mâles, chez les femelles immatures, frayant et en fin de fraye. Le K plasmatique diminue au moment de la ponte chez le saumon (40).

6 - L'activité

On a pu observer (54) des modifications biochimiques en relation avec l'activité des poissons. Sur la population très variée d'une zone marine définie (33), on a remarqué chez les téléostéens qu'un poisson actif a un taux d'hémoglobine plus important et une glycémie plus haute qu'un poisson inactif; il existe une relation entre les protéines totales plasmatiques et l'activité des poissons. Pendant la nage, le taux de P du sang est augmenté (38).

Après un exercice de 2 heures, à une vitesse égale à 3 - 4 fois la longueur du corps par seconde, à 5 et à 14° C, l'osmolarité et les valeurs trouvées pour les ions chez des saumons de l'Atlantique (9), exposés à des salinités de 0 à 15‰, diffèrent peu ou pas de celles de saumons au repos; l'activité à 30‰ produit un accroissement marqué de ces paramètres.

B - FACTEURS EXTRINSEQUES.

I - L'agression

La sensibilité du poisson aux diverses agressions de l'environnement est bien connue; leurs effets hématologiques ont été étudiés chez la truite, le pink salmon, le brochet et le Coho. Nous rapporterons ici les résultats d'une étude faite sur le saumon coho en Bretagne.

1°/ Notion de stress

Si les états de choc sont connus depuis longtemps, ce sont essentiellement les travaux de SELYE (48) qui ont ouvert le champ des recherches dans le domaine du stress et des phénomènes d'adaptation.

Le stress est la réponse métabolique de l'organisme à une agression extérieure; il représente la totalité des réponses physiologiques par lesquelles un animal tente de maintenir ou de rétablir un métabolisme normal face à une force physique ou chimique. L'ensemble de ces effets constitue ce que l'on appelle généralement le "syndrome d'adaptation" de Selye, il comporte trois étapes : - réaction d'alarme,
- état de résistance (s'il y a adaptation),
- état d'épuisement (si l'adaptation s'effondre).

Dans un premier stade, des hormones de stress (secrétées chez le poisson par le tissu interrénal) interviennent sous l'influence de l'ACTH, entraînant des réactions métaboliques à différents niveaux. Ces réactions se traduisent en particulier par des variations de certains paramètres sanguins "témoins du stress". Ces variations sont plus ou moins importantes suivant l'ampleur de l'agression et la sensibilité de l'animal.

2°/ Les effets du stress

Selon WEDEMEYER (58) (59), le stress, chez le poisson, se caractérise par les critères suivants :

- au niveau du sang : diminution des ions Cl^- et Na^+ , hyperglycémie, hypercholestérolémie, hypercortisolémie.
- au niveau du tissu interrénal : épuisement du stock d'acide scorlique.

Cependant, dans une publication sur le stress thermique chez le Coho, il observe :

- une augmentation de l'hémoglobine, de la glycémie,
- une diminution du cholestérol,
- le chlore, la réserve alcaline et les protéines plasmatiques ne sont pas sensiblement modifiés.

Chez le brochet (52), on met en évidence l'évolution dans le temps de certains paramètres : l'hématocrite augmente puis régresse jusqu'à un niveau inférieur au niveau initial, variation analogue pour le potassium.

Une expérience réalisée en Bretagne sur le stress dû au transport chez des saumons d'eau douce et d'eau de mer rapporte les faits suivants (1) :

- en eau douce et en eau de mer, le paramètre le plus fluctuant est le glucose : on assiste à une hyperglycémie. Les protéines et le cholestérol sont en augmentation. Inversement il y a hypokaliémie et diminution du rapport hémoglobine sur hématocrite.
- en eau de mer, on remarque une hyperchlorémie.
- en eau douce, on note curieusement l'inverse : il y a hypochlorémie.

Les modifications de certains paramètres sanguins provoquées par un état de stress étant connues, lors d'une étude hématologique sur une population de poissons devant être considérés en état physiologique normal, les individus soumis à ce phénomène seront écartés.

II - Effets physiologiques de certains facteurs de l'environnement sur les métabolismes organiques (43) et les paramètres sanguins chez les poissons

Les poissons montrent une dépendance particulière **vis-à-vis** du milieu où ils vivent, par suite de la déficience des mécanismes homéostatiques moins efficaces que chez les vertébrés supérieurs.

La connaissance des effets exercés par les variations des caractères de ce milieu présente un intérêt particulier et une difficulté singulière dans l'interprétation d'une étude sur les normes biochimiques du sang d'un poisson tel que nous l'envisageons. Classiquement, on retient surtout l'intervention des caractères physiques (pression hydrostatique, éclaircissement, température, ondes sonores, géomagnétisme, etc. ...) et des caractères chimiques (gaz dissous, molécules minérales, molécules organiques, etc. ...) **auxquels** on doit ajouter le facteur alimentation et des phénomènes liés à la densité de population.

Nous nous bornerons ici à rappeler les effets physiologiques exercés par des facteurs tels que l'oxygénation, la température et la salinité sur les métabolismes glucidique, lipidique et protéidique. Après une approche du rôle de l'alimentation, nous aborderons un aspect de l'intervention de la surpopulation chez le Coho en particulier.

1° / Oxygénation

La notion d'interrélation entre trois facteurs principaux : oxygénation, température et salinité doit être considérée. La quantité de gaz dissous dans l'eau (O_2 ou CO_2) change avec la température et la salinité (par exemple : le coefficient de solubilité de l'Oxygène en eau douce est supérieur de 30 % à celui d'une eau de mer à 35 ‰).

Par conséquent, pour une même température, deux poissons de même espèce, mais l'un vivant en eau douce et l'autre en mer, se trouveront naturellement dans des conditions d'oxygénation différentes. En mesurant divers paramètres, tels que le rythme cardiaque, l'amplitude et le nombre des mouvements operculaires, les courbes de saturation du sang en oxygène, en fonction de la teneur de l'eau en ce gaz, on peut déterminer "un taux d'oxygène minimum compatible avec une vie normale". A partir de là, en fonction

des activités métaboliques, on peut définir trois types de milieu selon les taux d'oxygène :

- un taux minimum n'assurant une vie que pendant une durée très limitée : milieu anoxique.
- une teneur juste suffisante pour permettre une activité motrice : milieu hypoxique.
- une oxygénation assurant un développement et une reproduction normaux : milieu normal.

Au-dessous d'une certaine valeur de l'oxygène dissous dans l'eau, les quantités d'oxygène consommées par le poisson sont liées à la teneur de l'eau en ce gaz : zone de dépendance respiratoire.

Au-dessus de ce seuil, la consommation d'oxygène ne dépend plus de la teneur en gaz du milieu : zone d'indépendance respiratoire.

Les réactions de lutte contre l'hypoxie sont de l'hyperventilation suivie de bradycardie et l'énergie nécessaire utilise 2 à 30 % de l'énergie totale; l'essentiel de cette énergie nécessaire au métabolisme provenant en normoxie des dégradations oxydatives, ces mécanismes seront perturbés par une diminution de l'oxygénation et la seule source mise en jeu alors paraît être la glycolyse anaérobie qui se réalise aux dépens des glucides de réserve.

En conséquence, l'hypoxie se traduit au niveau sanguin par:

- une hyperlactacidémie et une hyperglycémie tributaire d'une triple influence hormonale, rapportée chez la tanche (17).
- une baisse des acides gras plasmatiques.
- une hypoprotéïnémie chez la tanche; pas de modifications chez la truite. L'hémoglobine diminue quand l'oxygénation augmente; l'hématocrite augmente quand l'oxygène diminue.
- chez les poissons marins, excepté les chlorures qui restent constants, on note (26) une augmentation générale des ions en milieu anoxique proportionnelle au temps d'asphyxie.

2° / Température

La température règle le métabolisme énergétique directement et aussi indirectement au moyen de variations de l'oxygénation (la mort de poissons provoquée par une température excessive serait la conséquence d'une hypoxie du système nerveux central).

Les variations naturelles sont très diverses :

- dans les eaux marines, la gamme des températures s'étend de $- 2^{\circ} \text{C}$ à $+ 30^{\circ} \text{C}$ en fonction du lieu, en un même point les changements journaliers sont limités mais la profondeur intervient.

- dans les eaux douces, des oscillations très amples se produisent selon les saisons et la météorologie.

Deux cas se présentent : refroidissement et réchauffement; les physiologies digestive (absorption intestinale et vitesse de transit augmentent avec la température), respiratoire et cardiovasculaire sont principalement intéressées de même que les activités enzymatiques.

On remarque des modifications au niveau des différents métabolismes :

a) - Action sur le métabolisme glucidique
.....

Un abaissement de température se traduit par une hyperglycémie résultant du catabolisme du glycogène hépatique, transitoire pour les températures supérieures à 0°C , définitive et entraînant la mort à la disparition des réserves hépatiques pour les températures inférieures à 0°C (exception faite pour les poissons des mers polaires).

Lors d'une élévation de température, il se produit une activation des métabolismes intermédiaires et des réactions enzymatiques, ainsi qu'une réorientation des voies métaboliques **analogues** à celles décrites chez le poisson hypoxique; ainsi un changement graduel de 15 à 32°C entraîne une hyperglycémie chez la carpe (25).

b) - Action sur le métabolisme lipidique
.....

L'acclimatation à une température extrême va entraîner, dans le métabolisme lipidique, des modifications de sens et d'intensité variables suivant l'écart thermique, dont le résultat sera le maintien des propriétés plastiques des couches lipidiques de la membrane ce qui va permettre aux cellules spécialisées des divers organes du poisson de poursuivre leur rôle.

Chez la truite arc-en-ciel, les triglycérides et acides gras augmentent avec la température, et le cholestérol diminue (50).

c) - Action sur le métabolisme protidique
.....

Une amélioration de l'efficacité des mécanismes de synthèse protéique apparaît après un refroidissement modéré, de façon à continuer à assurer la couverture des divers besoins physiologiques; mais la production des protéines sériques et la croissance pondérale sont favorisées par le réchauffement et non par le refroidissement. Cette contradiction s'explique car, chez le poisson d'eau douce comme chez le poisson marin, l'augmentation de température accélère le transport intestinal des acides aminés et le froid produit l'effet inverse. La meilleure efficacité des mécanismes cellulaires de la synthèse protéique tente alors de contre-balancer la diminution de l'apport naturel.

Pour diverses espèces de poissons la sérum albumine augmente en hiver et diminue en été.

Un passage brutal de 11° C à 0° C n'a pas d'effet sur la protéinémie totale de la truite arc-en-ciel.

En revanche, lors d'une acclimatation progressive, les protéines sériques diminuent globalement.

Chez le bar américain, (Morone saxatilis) une étude comparée (13) montre une protéinémie plus basse pour le poisson en eau douce chaude et les poissons en eau de mer froide. Une élévation de température amène une hémoglobininémie plus importante chez la carpe (25). Dans le sang des poissons des zones marines où la température descend jusqu'à - 1,9° C, des macromolécules de nature glycoprotéique jouent le rôle d'anti-gel (18); la température et la photopériode ont une influence relative sur la disparition de ces macromolécules.

d) - Action sur les équilibres ioniques
.....

Chez le saumon de l'Atlantique (9), l'osmolarité plasmatique, les teneurs en ions Na^+ , Ca^{++} , et Cl^- varient très peu de 5 à 14° C. Le K plasmatique a tendance à augmenter avec la température.

De 15 à 32° C, pas de changement pour les ions Na^+ , K^+ , Mg^{++} et Cl^- chez la carpe (25); par contre, l'augmentation de température de 9 à 20° C sur les Cohos d'élevage (6) se traduit par une hypernatrémie et également une augmentation de la calcémie et de la kaliémie, l'effet est moins marqué pour la chlorémie. En opposition, les poissons des mers arctiques (18) ont une teneur plasmatique élevée en ions Cl^- et Na^+ .

3° / Salinité

Les changements de salinité n'ont pas la même signification pour toutes les espèces; une distinction intervient entre les poissons euryhalins , stenohalins et migrateurs.

En laissant de côté l'incidence des modifications des grandes fonctions nutritionnelles nous nous limiterons ici aux effets des changements globaux, c'est-à-dire lorsque l'augmentation ou la diminution affecte dans la même proportion tous les constituants. On remarque parmi ces constituants :

a) - Les glucides

Chez les téléostéens, l'énergie nécessaire pour accomplir le travail osmotique dérive de la dégradation oxydative du glucose mobilisé, il s'ensuit un haut niveau de la glycémie.

Chez les élasmobranches, ce phénomène ne se retrouve pas, ce serait plutôt l'urée qui jouerait un rôle dans le maintien de la pression osmotique.

b) - Les lipides

Les lipides des poissons d'eau douce ou d'eau de mer ne présentent pas les mêmes proportions d'acides gras; les différences observées sont attribuées à la nature des graisses ingérées dans la nourriture et aux conditions thermiques. Les phospholipides paraissent moins soumis que les triglycérides aux variations écologiques; en fait, le métabolisme des lipides incorporés dans les éléments de structure de la cellule apparaît comme peu inféodé à la salinité.

c) - Les protides

On ne constate pas de différences au niveau des protéines, en fonction de la salinité du milieu mais des variations de salinité influent sur les besoins en protéines en liaison avec une accélération de la croissance chez la truite arc-en-ciel (62).

d) - Les ions

La régulation du milieu intérieur est assurée par des mécanismes physiologiques et biochimiques complexes, faisant

intervenir des phénomènes de transport d'ions et des variations de perméabilité à l'eau, principalement au niveau des épithéliums intestinaux (absorption d'eau et de sels) et branchiaux (échanges passifs et actifs d'ions Na^+ , K^+ , Cl^-). Ces phénomènes font intervenir des ATPases spécifiquement activées par les ions Na^+ , K^+ , Mg^{2+} et capables d'hydrolyser la liaison terminale de l'ATP. La possibilité d'osmorégulation est conditionnée par cette activité Na - K ATPasique.

L'influence de la salinité étudiée (40) sur les ions Na^+ , K^+ , Ca^{++} , et Mg^{++} du sérum de 60 espèces de poissons, démontre :

- Chez les poissons d'eau douce à faible quantité de sodium (0,24 meq/l) la natrémie est plus faible que chez les poissons d'eau douce plus riche en sodium (0,5 à 1 meq/l).

- Le sérum des poissons marins (156 à 210 meq/l) est plus riche que celui des espèces migrantes d'eau douce ($\text{Na} = 90$ à 174 meq/l) mais il ne dépend pas de la salinité de l'eau de mer; pas de relation également entre les ions K^+ , Ca^{++} et Mg^{++} du sérum et de l'eau.

Les niveaux des ions Ca^{++} et Cl^- plasmatiques du poisson chat (16) sont augmentés après exposition à des concentrations de NaCl de 10 et 12 g/l pendant 5 jours.

Une étude expérimentale (6) sur des saumons Coho smoltifiés, entreprise par une équipe de chercheurs du C.O.B., rapporte les faits suivants :

- Le sodium varie peu en eau douce; chez les smolts passant en mer on observe une hypernatrémie transitoire, le taux des ions Na^+ redevenant normal en 15 jours. On retrouve ces effets pour la pression osmotique et les ions Cl^- avec, cependant, une chute de la chlorémie dans les premières heures précédant l'hyperchlorémie des jours suivants.

- La kaliémie augmente également dans les premières heures puis redevient rapidement normale dans les jours qui suivent. Le calcium ne varie pratiquement pas.

La réserve alcaline (bicarbonate du plasma) est beaucoup plus importante pour les poissons d'eau douce que pour les poissons marins, les potamotoques seraient intermédiaires (43).

4° / Alimentation

L'effet de l'alimentation sur les constituants chimiques du plasma sanguin est connu chez des poissons d'élevage et des poissons dans leur milieu naturel.

- Etude qualitative :

L'analyse (2) de 11 paramètres (hématocrite, hémoglobine, vitesse de sédimentation, bilirubine, phosphatase alcaline, transaminases, protéines totales, glucose, cholestérol, créatinine et acide urique) sur deux lots de truites arc-en-ciel de même origine et dans les mêmes conditions d'élevage en pisciculture mais nourries avec deux aliments différents, permet de noter des valeurs plus élevées, (bilirubine, cholestérol, phosphatase alcaline, acide urique, hémoglobine, hématocrite) dans un lot que dans l'autre.

Les valeurs plus fortes du calcium, glucose, fer, cholestérol, et azote non protéique dans le sang d'un silure tropical, durant certains mois de l'année, correspondent à une alimentation intensive et plus riche, les valeurs plus faibles accompagnant les époques de nourriture moins riche (51).

- Etude quantitative :

Une période de jeûne de 55 jours chez la truite d'élevage (50) modifie les paramètres sanguins :

- augmentation des triglycérides et des acides gras libres.

- diminution du cholestérol, de la glycémie et des protéines.

Après un jeûne de 150 jours, le poisson chat présente (31) également une forte diminution de la glycémie et de l'azote non protéique, mais un jeûne prolongé expérimenté en U.R.S.S. sur des truites arc-en-ciel (49) révèle une diminution des acides gras non estérifiés et une glycémie invariable.

Un régime déficient en acide folique, maintenu 24 semaines sur des saumons coho (11) entraîne l'apparition d'une anémie mégaloblastique normochrome macrocytaire avec diminution de l'hématocrite et de l'hémoglobine. Toutefois, la cause n'amène pas toujours l'effet : la teneur en protéines d'un régime de truites arc-en-ciel (62) n'affecte pas de façon significative la valeur de protéines totales du sérum de ces poissons.

5° / Densité de population

La réponse physiologique à une surpopulation se traduit par des modifications importantes chez les poissons d'élevage (57).

Le transfert de saumons coho juvéniles depuis une densité relativement faible à une densité plus forte, produit un stress marqué qui se manifeste par une perte de comportement alimentaire et de minimes dérangements physiologiques (hyperglycémie, hypochlorémie). Il en est de même chez les truites arc-en-ciel mais celles-ci conservent un comportement alimentaire normal.

L'approche de ce phénomène, faite à grande échelle sur des populations naturelles, se révèle très difficile à interpréter.

L'absence, dans la littérature, de traité général sur ces problèmes, les contradictions parfois rencontrées et la complexité du sujet, nous amènent à prendre certaines précautions pour l'étude qui suivra :

- la parfaite connaissance du milieu extérieur est indispensable pour une recherche au sein du milieu intérieur des poissons.

- les résultats obtenus sont relatifs; pour une exploitation rationnelle, ils doivent être entourés d'un maximum de renseignements concernant le poisson et sa biologie : ce sont ces conditions qui sanctionnent l'utilité et le fondement de tout travail entrepris dans cette voie.

DEUXIÈME PARTIE

TRAVAUX PERSONNELS

CHAPITRE I : Matériel et méthodes.

- A - Prélèvements.
- B - Analyses.
- C - Interprétation statistique.

CHAPITRE II : Présentation et discussion des résultats obtenus.

- A - Présentation.
- B - Discussion.

CHAPITRE I - MATÉRIEL ET METHODES.

A - PRÉLÈVEMENTS.

I - Matériel

1° / Les animaux

Présenté plus haut, nous avons vu que l'élevage du saumon coho se déroulait en deux temps :

- la première partie de la vie du poisson se passe en pisciculture d'eau douce,

- la deuxième partie de l'élevage amène le poisson dans des cages flottantes en mer.

Les prélèvements porteront sur ces deux phases et seront effectués comme suit : le premier, représenté par deux lots de poissons l'un en eau douce l'autre en mer, sera fait en hiver; le deuxième analogue au premier et effectué sur les mêmes populations sera réalisé au printemps.

Deux autres séries de prélèvements, l'une en eau de mer et l'autre en rivière, compléteront cette étude principale. On aura des poissons du même âge mais d'origine différente.

Dans tous les cas les animaux sont nés en décembre 1975; l'oxygénation de l'eau peut être considérée comme normale dans chacune des piscicultures visitées.

a) - Etude principale

La S.O.D.A.B. (Société pour le développement de l'aquaculture en Bretagne) a permis la réalisation des prélèvements répétés (hiver et printemps) sur des poissons issus d'oeufs importés d'Amérique du Nord.

α) Prélèvement hivernal

- eau douce : les animaux proviennent de la pisciculture d'YVIAS dans les côtes du Nord; ils sont nourris avec un aliment "saumon" type sec.

poissons	{	âge	: 15 mois	eau : température 9° C
		nombre	: 30	
		poids	: $105 \pm 5,4$ g	

- eau de mer : les saumons sont pêchés dans une cage flottante de l'élevage du CARPONT près de Tréguier; ce sont les frères de ceux d'YVIAS, tête de lot en eau douce, ils ont été mis en mer à la fin du printemps 1976. Ils sont nourris avec un aliment "saumon" type réhydratable.

poissons	{	âge	: 15 mois	eau	{	température	: 9° C
		nombre	: 32			salinité	: 30 ‰
		poids	: 304 ± 19,5 g				

(3) Prélèvement printanier

- eau douce : dans le même bassin, après une montée à 12° C pendant 3 semaines la température est redescendue à 9° C le jour de l'opération.

poissons	{	âge	: 16,5 mois	eau :	température	: 9° C	
		nombre	: 32				
		poids	: 138 ± 4,7 g				

- eau de mer : dans la même cage.

poissons	{	âge	: 16,5 mois	eau	{	température	: 12° C
		nombre	: 33			salinité	: 31,5 ‰
		poids	: 461 ± 16,8 g				

b) - Etude complémentaire

α) Eau de mer

Ce sont des poissons de la C.O.M.A.T. (Coopérative maritime aquacole du Tinduff) également issus d'oeufs d'origine américaine. Ils sont pêchés dans des cages flottantes à LAUBERLACH en rade de Brest où ils ont été mis en novembre 1976; ils sont nourris avec 4 aliments "saumon" différents.

poissons	{	âge	: 15 mois	eau	{	température	: 9° C
		nombre	: 24			salinité	: 34 ‰
		poids	: 173 ± 12,2 g				

(3) Eau douce

Conséquence du système d'élevage en Bretagne, l'absence de saumons de taille importante en eau douce nous a obligé à chercher ailleurs des poissons comparables à ceux du CARPONT.

C'est le Docteur BELLET qui nous a permis les prélèvements dans sa pisciculture près d'Angoulême aux sources de la Touvre.

Les poissons, provenant de ses reproducteurs, sont nourris avec un aliment "truite arc-en-ciel".

poissons	{	âge	: 16,5 mois	eau : température : 13° C
		nombre	: 30	
		poids	: 383 ± 11,5 g	

2°/ Les appareils

Le matériel est du type de celui classiquement utilisé pour les prélèvements de sang par système sous vide :

- aiguille vacutainer 22 G 1 - 25/7 (B & D)
- tube vacutainer hépariné 2 ml (B & D)
- porte tube

Après séparation à l'aide d'une centrifugeuse (centrifugeur AB - VL JOUAN) les plasmas sont recueillis dans des tubes à échantillons in vitro (1,5 ml) Poly Labo Paul Block & Cie.

II - Méthodes

Le sang du poisson représente 3 % du poids de son corps; malgré la difficulté rencontrée avec les poissons de petite taille, il est possible d'obtenir du sang en quantité suffisante pour une analyse selon diverses façons; nous donnons ici la technique choisie pour notre étude.

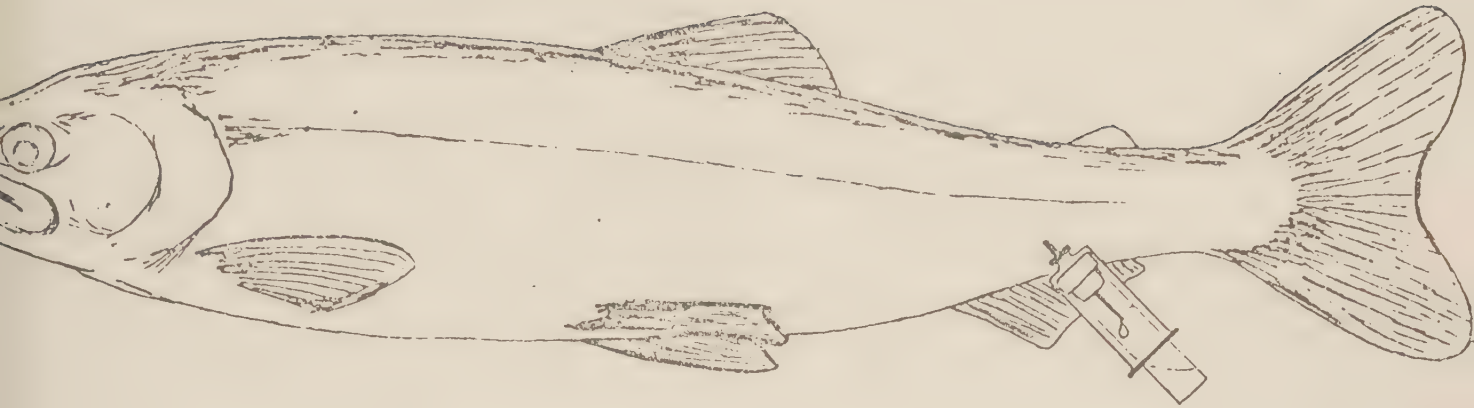
1°/ Choix d'une technique

a) - Prélèvement de sang chez les poissons

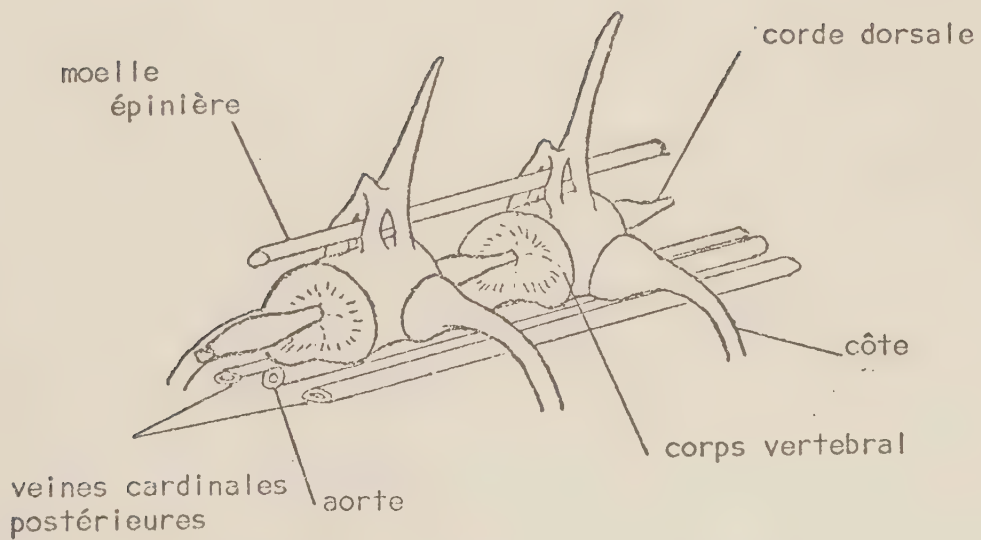
Comme chez les mammifères l'appareil circulatoire des poissons offre plusieurs possibilités pour réaliser une prise de sang, retenons :

- section du pédoncule caudal,
- ponction cardiaque,
- ponction de l'aorte dorsale à travers la cavité operculaire ou la cavité buccale (46),
- ponction au niveau du pédoncule caudal (cf. figure n°5).

Cette dernière sera choisie pour des raisons de commodité l'anatomie de la région (cf. figure n° 6) présentant trois vaisseaux principaux il est toujours possible d'obtenir soit du sang



- fig. n°5 : PRELEVEMENT DE SANG SUR LE SAUMON COHO -



- fig. n°6 : ANATOMIE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE (d'après JAMMES)

veineux ou aortique soit un mélange des deux.

La section du pédoncule caudal est généralement réservée pour les sujets de petite taille. La ponction cardiaque et surtout la ponction aortique permettent encore plus que la ponction caudale la survie du poisson à l'opération lorsque la quantité de sang prélevé est faible et que l'animal est manipulé rapidement avec soins. Nous négligerons cet intérêt, le poisson devant être sacrifié par la suite.

b) - Manipulation des poissons
.....

Si le lieu d'élection pour le prélèvement de sang sur un poisson peut influencer sur les valeurs de certains paramètres sanguins il n'en est pas moins vrai de la manipulation. Une expérience (32) portant sur un lot de saumons coho est effectuée selon 5 protocoles différents :

1 - Le poisson, sorti de l'eau, est maintenu dans du papier absorbant pendant la prise de sang qui est effectuée immédiatement.

2 - Le poisson est assommé par une chiquenaude sur le crâne avant la prise de sang.

3 - Le poisson est tué par un coup violent sur la tête avant la prise de sang.

4 - Le poisson est placé dans une poubelle plastique contenant une vingtaine de litres d'eau et maintenu ainsi 10 minutes avant la prise de sang.

5 - Le poisson est dans les mêmes conditions mais l'eau est additionnée d'un anesthésique MS 222 au 1/10000 (Métacaïne M.D. Sandoz : méthane sulfonate de l'ester éthylique de l'acide méta-amino-benzoïque).

Elle montre que sur 10 paramètres étudiés des variations sensibles sont notées, principalement pour le glucose, le CO_2 , l'hémoglobine et l'hématocrite.

Face au prélèvement direct, la méthode par chiquenaude sur la tête entraîne les répercussions les moins importantes; c'est elle que nous avons adoptée.

2°/ Mise en oeuvre

Les poissons sont toujours laissés à la diète 36 h. avant notre venue dans l'élevage.

Pour tous les prélèvements on a adopté le protocole suivant :

a) - sur place
.....

- pêche des poissons un par un et prise de sang immédiate après chiquenaude sur la tête.

- détermination de l'hématocrite et pipettage de 20 μ l pour le dosage de l'hémoglobine sur le sang frais.

- centrifugation et isolement du plasma déposé ensuite dans des microtubes au milieu d'un container d'azote liquide pour le transport jusqu'au laboratoire où ils seront rangés dans un congélateur (-20°C).

- conservation des animaux dans des sacs plastiques plongés dans de la glace pour le transport.

b) - au laboratoire
.....

- autopsie des poissons pour noter le sexe de chaque animal et vérifier le bon état de santé apparent du poisson prélevé, la présence de lésions réformant un individu.

- sortie des plasmas en temps opportun, mise en décongélation à la température ambiante et analyse.

B - ANALYSES.

Notre étude porte sur douze paramètres :

- deux sur le sang frais : hématocrite et hémoglobine.

- dix sur le plasma (que nous assimilerons au sérum dans l'exposé qui suit) : glucose, urée, protéines totales, lipides totaux, cholestérol, Cl^- et CO_2 , Ca, Na^+ et K^+ .

A cette fin, nous avons vu que le sang était recueilli sur tube hépariné de 2 ml, la faible quantité d'échantillon nécessaire pour chaque analyse permet presque chez tous les poissons l'obtention des paramètres recherchés.

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du matériel du Laboratoire National de Pathologie des Animaux Aquatiques au sein du C.N.E.X.O. - C.O.B. de Brest dans le Finistère.

I - Détermination de l'hématocrite

1°/ Principe et matériel

Pour déterminer le volume occupé par les globules pour 100ml de sang on utilise une méthode physique : la centrifugation

d'un sang non coagulé. Cette opération étant réalisée sur les lieux de prélèvements on utilise un appareil portatif : Centrifugeuse AUTOCRIT CLAV ADA 15 (B & D).

2°/ Mode opératoire

Le sang est recueilli sur tubes capillaires par agitation dans le vacutainer de prélèvement. Les microtubes sont ensuite piqués sur plaque de pâte à scellement avant d'être placés sur le plateau de la centrifugeuse représentant un système microhématocrite complet.

Après 5 mn à 11 500 t/mn, la lecture est faite (en %) à l'aide d'une loupe par ajustement de l'échelle graduée portée par une toupie vissée à l'axe de l'appareil.

II - Dosages chimiques

Les analyses qui suivent sont basées sur des réactions colorimétriques; les intensités de coloration sont ensuite interprétées par spectrophotométrie (Spectrophotometer BECKMAN model 25).

1°/ Dosage de l'hémoglobine - Méthode de Crosby W.H., Munn J.L. and Furth (US Army Forces Medical Journal 1954. 5/6 93 et Blood 1957. 12. 1132)

- Principe -

En présence de ferricyanure de potassium à pH alcalin, l'hémoglobine et ses dérivés (oxyhémoglobine, carboxyhémoglobine et méthémoglobine) sauf la sulfhémoglobine, sont oxydés en méthémoglobine, cette dernière réagissant avec le cyanure de potassium devient cyanmethémoglobine; l'intensité colorimétrique de la solution est proportionnelle à l'hémoglobine totale.

- Réactif -

Appelé DRABKIN, il est préparé avec :

- . bicarbonate de Na 100 mg
- . ferricyanure de K 20 mg
- . cyanure de K 5 mg

La solution de DRABKIN compte 1,25 mg de réactif pour 1000 ml d'eau distillée. Elle est maintenue à l'abri de la lumière.

- Mode opératoire -
.....

Prélevés à l'aide d'une micropipette (Gilson Pipetman), 20 μ l de sang et 5 ml de DRABKIN sont agités énergiquement puis laissés reposer 15 mn. Un petit coagulum apparaît, il est alors enlevé.

La lecture est faite à $\lambda = 540$ nm, après mise au zéro par un témoin (réactif seul) et étalonnage à l'aide d'une solution standard.

Standard Hémoglobine : HEMOTROL BIO - MERIEUX (60 mg %).

2°/ Dosage des protéines totales - Méthode au biuret de Gornall (Fleury P. et Eberhard R. Ann. Biol.Clin, 1951. 9. 453 et 1954. 12. 180)

- Principe -
.....

Le sulfate de cuivre et la soude, en présence d'une solution de protéines, présentent une coloration violette.

- Réactif -
.....

C'est le réactif cupro-tartrique de Gornall :

- . sulfate de Cu 1,50 g
- . tartrate double de Na et K 6,00 g
- . soude décarbonatée 30,00 g
- . iodure de K 1,00 g
- . eau distillée qsp 1000 ml

- Mode opératoire -
.....

On pipette 50 μ l de sérum que l'on ajoute à 5 ml de réactif; les préparations sont agitées et laissées au repos une demi-heure avant lecture (g/l) à $\lambda = 545$ nm après mise au zéro et étalonnage par un standard.

Standard Protéines : PROTEITROL BIO - MERIEUX (101 g/l).

3°/ Dosage des lipides totaux - Méthode de Drevon B. et Schmit J.M. (Bull. Trav. Soc. Pharm. Lyon 1964. 8. 173)

- Principe -
.....

Les lipides à chaud donnent avec le réactif sulfo-phospho vanillique une coloration rose permettant un dosage colorimétrique.

- Réactifs -
.....

- . R1 : acide sulfurique N (d = 1,84)

- . R2 : acide phosphorique à 85 % (d = 1,71)
- . R3 : solution aqueuse de vanilline Merck pure à 0,60%
- Mode opératoire -
.....

Premier temps : on mélange énergiquement 20 μ l de sérum et 80 μ l d'eau distillée à 2,40 ml de R1 puis la solution est laissée 10 mn au bain-marie bouillant et ensuite refroidie et homogénéisée. On pratique de même pour le témoin (100 μ l d'eau distillée) et l'étalon (20 μ l Standard + 80 μ l d'eau distillée).

Deuxième temps : on ajoute 1,90 ml de R2 et 0,5 ml de R3 aux échantillons. Les tubes sont agités puis passés 15 mn à l'étuve à 37° C et 15 mn à la température du laboratoire. La lecture est faite à λ = 525 nm.

Standard Lipides : LIPIDES-MIT FIO - MERCK X (800 mg/100ml)

4°/ Dosage du cholestérol - Méthode de Liebermann-Burchard adaptée en microdosage par J. Fleury

- Principe -

Le cholestérol d'un sérum mis en présence du réactif développe une coloration verte dosable par photométrie.

- Réactif -

- . acide sulfo-salicylique à 12 g p. 100 ml d'acide acétique pur cristallisable 23 ml
- . anhydride acétique pur 33 ml
- . acide sulfurique pur 10 ml

- Mode opératoire -

A l'aide d'une micropipette 50 μ l de sérum sont prélevés et mélangés à 5 ml du réactif à 4° C. On prépare de même 50 μ l de solution étalon et un témoin (réactif seul); la lecture est faite 30 mn plus tard (chrono) à λ = 590 nm.

Standard Cholestérol : cholestérol pur 4 g
acide acétique cristallisable
qsp 1000 ml

5°/ Dosage du calcium - Méthode de Gindler E.M. et King J.D. (Ann. J. Clin. Path. 1972. 58. 376-382)

- Principe -

En présence de bleu de méthyl-thymol le calcium donne une coloration bleue dosable; l'interférence du magnésium est supprimée par du 8 hydroxyquinoléine.

- Réactif -
.....

. R1 : sol. de bleu de méthyl-thymol (Calcium Kit Bio-Mérieux)

. R2 : sol. tamponnée de sulfite de sodium (Calcium Kit Bio-Mérieux).

- Mode opératoire -
.....

A 50 μ l de sérum on ajoute 1,5 ml de R1 et 1,5 ml de R2; l'étalon est préparé de la même façon, le témoin est fait avec les réactifs seuls. Après agitation et 5 mn de repos la lecture est possible à $\lambda = 612$ nm.

Standard Calcium : CALCIUM-KIT BIO - MERIEUX (100 mg/l)

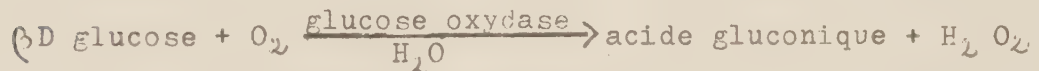
III - Dosages biochimiques

Pour déterminer les taux de glucose et d'urée dans le sang on a recours à des réactions enzymatiques.

1°/ Détermination de la glycémie - Méthode par la mesure de la quantité proportionnelle d'oxygène consommé par action de la glucose oxydase.

- Principe -
.....

En présence de glucose oxydase le β D glucose est oxydé en acide gluconique avec formation de peroxyde d'hydrogène :



La quantité d'oxygène consommé dans la réaction est proportionnelle à la quantité de glucose présent. On réalise la détermination de la glycémie par la mesure de l'oxygène consommé à l'aide d'un système électro-chimique :

Deux électrodes (une anode d'argent et une cathode de rhodium) sont connectées par un gel électrolytique qui contient du chlorure de potassium.

L'oxygène diffuse à travers une membrane de teflon vers la cathode de rhodium où a lieu la réaction suivante :



Les électrons utilisés sont fournis par la réaction à

l'anode :



La réaction électrochimique a lieu seulement quand l'oxygène est présent et le courant est proportionnel à la quantité d'oxygène.

La mesure de l'oxygène consommé, proportionnel à la quantité de glucose, permet de connaître la glycémie.

- Mode opératoire -
.....

A l'aide d'une micropipette (Micropipette Sherwood) on prélève 10 μ l de sérum; soumis à un analyseur (Glucose Analyser BECKMAN) on en obtient la lecture électronique directe après étalonnage par un standard.

Standard Glucose : 1,05 g/l

Glucose Reagent BECKMAN (140 U/ml glucose oxydase)

2°/ Détermination de l'urémie - Méthode par mesure de variation de conductivité d'une solution.

- Principe -
.....

L'hydrolyse de l'urée par l'uréase :



a pour résultat la transformation d'un élément non ionique en un élément ionique d'où s'ensuit une variation de conductivité de la solution; le changement de conductivité est proportionnel à la concentration initiale en urée de la solution.

La mesure est faite par un système électronique : le débit d'une électrode en contact avec le milieu réactionnel est converti en un signal qui est proportionnel au changement de la conductivité après introduction de l'uréase dans le milieu.

- Mode opératoire -
.....

Il est le même que précédemment en utilisant un autre analyseur (Bun Analyser BECKMAN)

Standard urée : 1,07 g/l

Reconstitued Buffered Uréase BECKMAN

IV - Dosage des Chlorures et du Dioxyde de Carbone

1°/ Principe

a) - Chlorures : méthode de titration
.....
colorimétrique proportionnelle.

Une cuve à réaction contient une électrode à chlorures qui abrite une paire d'électrodes d'Ag et une cathode de platine, le fond de l'enceinte est occupé par une anode à chlorures d'argent. La paire d'électrodes détecte la présence des ions Ag^+

de la solution, à l'anode des ions Ag^+ sont libérés :



Quand une solution, contenant des chlorures est injectée dans l'enceinte, les électrodes d'argent enregistrent une différence de potentiel qui déclenche la libération d'ions Ag^+ par le générateur colorimétrique : les ions Ag^+ et Cl^- se combinent pour former le chlorure d'argent qui précipite. Quand tous les ions Cl^- ont précipité les ions Ag^+ en excès sont captés par la cathode de la paire d'électrodes d' Ag :



Le courant qui passe dans le circuit anode-cathode du générateur colorimétrique est intégré électroniquement. Le total des ions Cl^- est proportionnel aux chlorures de la solution.

b) - Dioxyde de carbone : quantité proportionnelle de changement de pH.

La mesure du dioxyde de carbone se fait par variation de pH lorsque le CO_2 est libéré d'une solution; toutes les formes de CO_2 sont transformées à l'état gazeux en anaérobiose.



La totalité du CO_2 gazeux passe à travers une membrane siliconée protégeant une électrode à pH. La diffusion du CO_2 abaisse le pH d'une solution située entre la membrane et l'électrode à pH.

Les variations de pH sont proportionnelles à la quantité de CO_2 .

2°/ Mode opératoire

A l'aide d'une micropipette $10\mu\text{l}$ de sérum sont injectés dans un analyseur (Chloride/Carbon Dioxyde Analyser BECKMAN) qui en fait la lecture électronique simultanée pour les chlorures (meq/l) et le dioxyde de carbone (mmoles/l) après étalonnage par un standard.

CL/ CO_2 Reagent BECKMAN (0,12 N sulfuric acid)

Alkaline Reagent BECKMAN (0,008 M potassium bicarbonate)
(0,05 M potassium chloride)

Standard CL/ CO_2 : sol. à 100 meq/l Cl et 30 mmoles/l CO_2

V - Dosage du potassium et du sodium

1°/ Principe

Les atomes des éléments (K et Na) excités par une flamme (propane et air) émettent des radiations de longueur d'onde

déterminée dont l'intensité est mesurée électroniquement par photométrie.

Dans un premier temps l'échantillon ainsi qu'un étalon de lithium sous forme de sels dissous sont atomisés puis le mélange échantillon-gaz accède au brûleur. Trois photomultiplicateurs munis de filtres (591 nm pour le Na, 768 nm pour le K et 671 nm pour le Li) fournissent un signal proportionnel aux concentrations.

L'appareil donne directement le rapport entre le niveau Na et K de l'échantillon et celui du lithium.

2° / Mode opératoire

Le photomètre de flamme utilisé est le K Li Na Flame BECKMAN.

Un diluteur (BECKMAN 652 406 K Li Na Diluter) incorporé au photomètre réalise une dilution préalable : 20 μ l de sérum sont prélevés automatiquement et mélangés à 2 ml de solution de Li (15 meq/l). Après réglage de l'appareil par un standard l'échantillon prédilué peut être analysé, la lecture est faite en meq/l.

Flame photometer aqueous Na et K standard BECKMAN
(140 mM/l sodium chloride - 5 mM/l potassium chloride)
Lithium concentrate BECKMAN 150 mM/l Li

C - INTERPRETATION STATISTIQUE.

Nous exposons ici les principes généraux qui ont permis d'utiliser les données obtenues sur les poissons lors des six séries de prélèvements.

- représentation des différents prélèvements

A chaque série de prélèvements nous avons calculé la moyenne arithmétique et l'erreur standard de la moyenne des valeurs trouvées pour chacun des poissons.

- comparaison des résultats

Les moyennes des six prélèvements différents ont été comparées par analyse de variance et quand l'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les moyennes les comparaisons multiples des moyennes ont été faites à l'aide du test de Newman et Keuls.

Tous les calculs ont été exécutés avec une calculatrice enregistreuse : Hewlett - Packard 97 Calculator.

CHAPITRE II - PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS.

A - PRESENTATION.

Représentées par les nombres d'échantillons analysés (n), les moyennes (m) et les erreurs standard de la moyenne (Sm), on a résumé dans les tableaux ci-après les six séries de prélèvements réalisés. L'étude principale (hiver : Yvias 1 et Carpont 1; printemps : Yvias 2 et Carpont 2) figure en premier, l'étude (Bellet et Lauberlach) vient à la suite.

Tableau 1 : Hématocrite

Les valeurs sont à peu près identiques, seule la moyenne d'Yvias 1 est plus faible.

Tableau 2 : Hémoglobine

Là encore les résultats sont homogènes. A Yvias comme au Carpont l'Hémoglobine a diminué entre les deux prélèvements.

Tableau 3 : Glucose

La glycémie des poissons d'Yvias est restée inchangée mais elle a augmenté au Carpont. Les taux les plus élevés sont observés chez les poissons les plus gros (Bellet et Carpont 2).

Tableau 4 : Urée

L'urémie, très variable, reste extrêmement faible dans tous les cas. Se situant à la limite de sensibilité de l'analyseur il convient de se montrer réservé dans l'interprétation des résultats.

Tableau 5 : Protéines totales

A nouveau les taux les plus élevés sont observés chez les poissons les plus gros. Les animaux de Lauberlach ont un taux nettement plus faible.

Tableau 6 : Lipides totaux

Les résultats sont homogènes hormis pour Carpont 2 où la moyenne est considérablement plus importante.

Tableau 7 : Cholestérol

On note la grande constance entre les prélèvements 1 et 2 à Yvias et au Carpont.

Tableau 8 : Chlorures

La moyenne chez Bellet est la plus faible trouvée. A Yvias et au Carpont les taux ont augmenté entre les prélèvements 1 et 2.

Tableau 9 : Dioxyde de carbone

Les valeurs sont hétérogènes, elles s'étendent de 4,5 mmoles/l au Carpont 2 à 11,7 mmoles/l chez Bellet.

Tableau 10 : Sodium

Les moyennes sont assez constantes sur l'ensemble des piscicultures et entre les différents prélèvements.

Tableau 11 : Potassium

A Yvias la moyenne a diminué entre les prélèvements 1 et 2 contrairement au Carpont où elle a augmenté. Les valeurs trouvées chez Bellet et à Lauberlach sont sensiblement rapprochées.

Tableau 12 : Calcium

Les moyennes d'Yvias sont moins élevées que celles du Carpont. C'est en eau douce qu'on trouve à la fois la moyenne la plus faible (115 mg/l à Yvias 1) et la plus forte (144 mg/l chez Bellet).

Les analyses de variance faites à partir de l'étude principale figurent dans les tableaux 13 et 14, le premier présente la comparaison hiver (1) - printemps (2) au Carpont et à Yvias, le deuxième la comparaison eau douce - eau de mer. Dans les cas où les différences sont significatives les valeurs sont soulignées d'un trait discontinu.

Tableau 13 : Comparaison des prélèvements 1 & 2

Les différences entre les prélèvements hivernaux et printaniers ne portent pas sur les mêmes paramètres et les variations ne sont pas toujours observées dans le même sens à Yvias et au Carpont.

Deux valeurs seulement permettent une remarque applicable en eau douce et en mer :

- augmentation des ions Cl^- ,
- stabilité du taux d'hémoglobine.

Tableau 14 : Comparaison CARPONT / YVIAS

Les taux de calcium et cholestérol sont différents en eau douce et en mer.

- TABLEAU 1 : HEMATOCRITE (%) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	30	36	0,59			
CARPONT 1				32	40,3	1,29
YVIAS 2	32	43	0,73			
CARPONT 2				33	38,3	2,29
BELLET	30	42	1,02			
LAUBERLACH				24	41,5	1,00

- TABLEAU 2 : HEMOGLOBINE (g/100 ml) .-

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	30	6,1	0,16			
CARPONT 1				32	6,3	0,27
YVIAS 2	32	5,8	0,14			
CARPONT 2				33	5,5	0,37
BELLET	30	5,8	0,15			
LAUBERLACH				24	6,8	0,15

- TABLEAU 3 : GLUCOSE (g/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	30	0,93	0,02			
CARPONT 1				32	0,69	0,03
YVIAS 2	32	0,93	0,02			
CARPONT 2				33	1,01	0,04
BELLET	30	1,19	0,05			
LAUBERLACH				24	0,78	0,03

- TABLEAU 4 : UREE (cg/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	29	0,97	0,13			
CARPONT 1				31	2,32	0,22
YVIAS 2	32	1,53	0,22			
CARPONT 2				33	1,82	0,22
BELLET	30	2,57	0,29			
LAUBERLACH				24	4,2	0,17

- TABLEAU 5 : PROTEINES TOTALES (g/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	30	46,2	0,73			
CARPONT 1				32	47,3	1,25
YVIAS 2	32	45,4	0,90			
CARPONT 2				33	53,7	1,45
BELLET	30	54,9	1,16			
LAUBERLACH				24.	39,6	1,48

- TABLEAU 6 : LIPIDES TOTAUX (g/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	30	14,9	0,41			
CARPONT 1				32	19,3	0,83
YVIAS 2	32	14,7	0,46			
CARPONT 2				33	26,3	1,1
BELLET	30	15	0,53			
LAUBERLACH				23	14,9	1,1

- TABLEAU 7 : CHOLESTEROL (g/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	30	3,1	0,11			
CARPONT 1				32	4,3	0,17
YVIAS 2	32	3,4	0,11			
CARPONT 2				33	4,4	0,23
BELLET	30	2,9	0,09			
LAUBERLACH				24	3,1	0,18

- TABLEAU 8 : CHLORURES (meq/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	29	126	0,73			
CARPONT 1				30	136	0,75
YVIAS 2	32	132	0,70			
CARPONT 2				33	149	1,00
BELLET	30	117	1,4			
LAUBERLACH				23	135	1,2

- TABLEAU 9 : DIOXYDE DE CARBONE (mmoles/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	29	7,7	0,28			
CARPONT 1				30	6,4	0,17
YVIAS 2	32	10,02	0,16			
CARPONT 2				33	4,5	0,17
BELLET	30	11,7	0,38			
LAUBERLACH				23	7,3	0,2

- TABLEAU 10 : SODIUM (meq/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	29	152	0,71			
CARPONT 1				30	162	0,75
YVIAS 2	32	152	1,15			
CARPONT 2				33	168	1,2
BELLET	30	160	1,71			
LAUBERLACH				24	156	1,00

- TABLEAU 11 : POTASSIUM (meq/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	29	2,8	0,30			
CARPONT 1				30	1,8	0,19
YVIAS 2	32	1,5	0,10			
CARPONT 2				33	2,8	0,27
BELLET	30	2,2	0,33			
LAUBERLACH				24	2,4	0,26

- TABLEAU 12 : CALCIUM (mg/l) -

	EAU DOUCE			EAU DE MER		
	n	m	s _m	n	m	s _m
YVIAS 1	30	115	0,95			
CARPONT 1				32	133	1,64
YVIAS 2	32	119	1,3			
CARPONT 2				33	130	2,7
BELLET	30	144	2,9			
LAUBERLACH				24	122	1,7

Tableau 13 : COMPARAISON DES PRELEVEMENTS 1 et 2

<u>Y V I A S</u>			<u>C A R P O N T</u>	
2 <u>1,5</u>	1 <u>0,97</u>	UREE	1 <u>2,3</u>	2 <u>1,8</u>
1 = 2 <u>0,93</u>		GLUCOSE	2 <u>1,01</u>	1 <u>0,69</u>
1 = 2 <u>152</u>		Na ⁺	2 <u>168</u>	1 <u>162</u>
2 <u>119</u>	1 <u>115</u>	Ca	1 <u>133</u>	2 <u>130</u>
1 <u>2,8</u>	2 <u>1,5</u>	K ⁺	2 <u>2,8</u>	1 <u>1,8</u>
2 <u>132</u>	1 <u>126</u>	Cl ⁻	2 <u>149</u>	1 <u>136</u>
2 <u>10</u>	1 <u>7,7</u>	CO ₂	1 <u>6,4</u>	2 <u>4,5</u>
1 <u>46</u>	2 <u>45</u>	PROTEINES	2 <u>54</u>	1 <u>47</u>
2 <u>3,4</u>	1 <u>3,1</u>	CHOLESTEROL	2 <u>4,4</u>	1 <u>4,3</u>
1 <u>14,9</u>	2 <u>14,7</u>	LIPIDES	2 <u>26,3</u>	1 <u>19,3</u>
1 <u>6,1</u>	2 <u>5,8</u>	Hb	1 <u>6,3</u>	2 <u>5,5</u>
2 <u>43</u>	1 <u>36</u>	Hct	1 <u>40</u>	2 <u>38</u>

Tableau I/4 : Comparaison CARPONT (eau de mer) / YVIAS (eau douce)

URÉE	: $\frac{\text{C}}{2,1}$	$\frac{\text{Y}}{1,3}$
GLUCOSE	: $\frac{\text{Y}}{0,93}$	$\frac{\text{C}}{0,85}$
Na ⁺	: $\frac{\text{C}}{165}$	$\frac{\text{Y}}{152}$
Ca	: $\frac{\text{C}}{132}$	$\frac{\text{Y}}{117}$
K ⁺	: $\frac{\text{C}}{2,33}$	$\frac{\text{Y}}{2,15}$
Cl ⁻	: $\frac{\text{C}}{143}$	$\frac{\text{Y}}{129}$
CO ₂	: $\frac{\text{Y}}{8,9}$	$\frac{\text{C}}{5,4}$
PROTEINES	: $\frac{\text{C}}{50,6}$	$\frac{\text{Y}}{45,8}$
CHOLESTEROL	: $\frac{\text{C}}{4,3}$	$\frac{\text{Y}}{3,3}$
LIPIDES	: $\frac{\text{C}}{22,9}$	$\frac{\text{Y}}{14,8}$
Hb	: $\frac{\text{Y}}{6}$	$\frac{\text{C}}{5,9}$
Hct	: $\frac{\text{Y}}{39,6}$	$\frac{\text{C}}{39,3}$

B - DISCUSSION.

La discussion, limitée à l'influence de certains facteurs, sera basée sur l'analyse statistique des résultats.

I - Variations liées au milieu

1°/ Etude principale : Carpont et Yvias

La comparaison des moyennes observées en eau douce (Yvias) et en eau de mer (Carpont) lors des 2 prélèvements a été réalisée à l'aide d'une analyse de variance hiérarchisée dans le cas d'un modèle fixe. Les piscicultures d'Yvias et du Carpont n'ont pas été choisies au hasard parmi toutes les piscicultures d'eau douce et d'eau de mer mais leur choix a été déterminé à l'avance. Il en a été de même pour les dates de prélèvements : les mois de mars et de mai n'ont pas été tirés au sort parmi les mois d'hiver et les mois de printemps; il en résulte que les moyennes observées sont des estimations des moyennes réelles des populations de poissons existants au Carpont et à Yvias aux mois de mars et de mai et non les estimations des moyennes des populations d'eau douce et d'eau de mer en hiver et au printemps.

Dans ces conditions bien précises les analyses de variance permettent de fractionner la variance en 3 composantes :

- variation entre une pisciculture d'eau douce (Yvias) et une pisciculture d'eau de mer (Carpont).

- variation entre les deux prélèvements d'une même pisciculture.

- variation entre les poissons d'une même pisciculture lors de chaque prélèvement.

Les conclusions de ces analyses pour chacun des paramètres, peuvent être résumées ainsi :

a) - comparaison eau douce-eau de mer : les seuls paramètres statistiquement différents sont le calcium et le cholestérol dont les taux ont été plus élevés au Carpont qu'à Yvias.

b) - comparaison hiver-printemps : les faits significatifs sont : - A. Yvias

- taux plus élevés en mai qu'en mars pour 6 paramètres : hématocrite, cholestérol, CO_2 , Cl^- , Ca et urée

- taux moins élevé en mai qu'en mars pour le potassium
- pas de différence entre les deux prélèvements pour les autres paramètres.

- Au Carpont -

- taux plus élevés en mai pour 6 paramètres : glucose, K^+ , Cl^- , protéines et lipides
- taux moins élevé au printemps pour le CO_2
- pas de différence pour les autres paramètres.

2°/ Etude principale et complémentaire

En raison des conditions trop différentes rencontrées dans les quatre piscicultures (eau, alimentation, poids, effectifs, origine) aucune comparaison rigoureuse n'a pu être faite. On peut noter seulement :

a) - comparaison entre les deux piscicultures
.....
d'eau douce (Bellet et Yvias). Chez M. Bellet 6 paramètres sont supérieurs à ceux d'Yvias : urée, glucose, Na^+ , Ca, CO_2 et protéines; seul le taux de Cl^- est inférieur, pour les autres paramètres aucune différence .

b) - comparaison entre les deux piscicultures
.....
d'eau de mer (Lauberlarch et Carpont). A Lauberlach les taux d'urée et de CO_2 sont plus élevés, ils sont plus faibles pour Na^+ , Ca, protéines, cholestérol et lipides.

c) - comparaison eau douce-eau de mer. Seul
.....
le CO_2 est plus élevé en eau douce.

Devant la complexité de l'interprétation éventuelle de ces divers résultats nous ne pouvons pas, à notre niveau, donner d'explications pour commenter plus longuement les faits constatés.

II - Variations liées à l'individu

L'influence du poids et du sexe des animaux sur les paramètres sanguins a été étudiée en s'intéressant aux poissons des six séries de prélèvements. On aboutit aux conclusions suivantes :

a) - poids
.....

Au sein de chaque pisciculture aucune relation linéaire n'a été mise en évidence entre chaque paramètre sanguin et le poids des animaux.

b) - sexe
.....

Aucune corrélation n'apparaît entre le sexe et les valeurs trouvées pour chacun des paramètres étudiés.

CONCLUSIONS

- 53 -

La grande dépendance des poissons vis à vis de leur environnement liée à l'existence d'une corrélation milieu intérieur-milieu extérieur étant connue et la pratique de l'élevage du saumon coho en Bretagne soumettant les animaux à des modifications du milieu, l'étude du sang de ces poissons présentait un intérêt particulier.

A l'issue des travaux effectués à deux saisons différentes, sur des saumons vivant les uns en mer et les autres en rivière, on a constaté de nombreuses variations pour les valeurs biochimiques étudiées; toutefois, les données obtenues ne permettent pas de conclusions suffisantes pour établir des relations précises entre les normes sanguines et les conditions d'environnement des poissons.

Le poids et le sexe des animaux ne semblent pas avoir d'influence sur les taux sanguins des différents paramètres auxquels nous nous sommes intéressés.

Les douze normes sanguines déterminées ici ne sont utilisables que dans les conditions précises d'environnement qui entourent et définissent ces poissons.

Vu :

LE DIRECTEUR

de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon,

LE PROFESSEUR RESPONSABLE

de l'École Nationale Vétérinaire,

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

Pierre LOUISOT

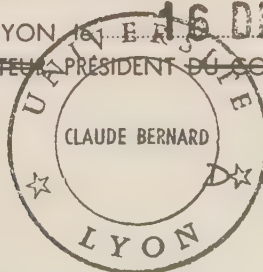
Vu :

LE DOYEN,

Vu et permis d'imprimer.....

LYON 161 E.A. 16 DEC. 1977 19

LE RECTEUR PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ



GERMAIN

B I B L I O G R A P H I E

1. ALDRIN (J.F.); MEVEL (M)
Etude sur le stress chez le saumon coho
Laboratoire National de pathologie des Animaux aquatiques - BREST
Communication personnelle. 1976
2. BARNHART (R.A.)
Effects of certain variables on hematological characteristics of
rainbow trout.
Trans. Amer.Fish.Soc.; N° 3; pp 411-418; 1969
3. BELLET (R.)
L'élevage du saumon de mer en eau douce.
La pisciculture française.; N° 41; pp 14-26; 1975
4. BESSE (P); NORMAND (A.M.)
Recherches sur la composition cellulaire et chimique de sang de la
truite arc-en-ciel d'élevage.
Bul. Acad. Vet.; tome 6; pp 390-391 : 1963.
5. BILLARD (R); JALLABERT (B)
Quelques réalisations d'aquaculture aux U.S.A. et au Canada.
La pisciculture française. N° 45; pp 17-25; 1976.

6. BOURF (G) ; HARACHE (Y) ; LASSERRE (P) .
Etude expérimentale des problèmes d'élevage du saumon coho en eau de mer dans des conditions estivales.
C.N.E.X.O - C.O.B
Communication personnelle. 1976.
7. BRIDGES (D.W) ; CECI (J.J) ; PEDRO (D.N) .
Seasonal hematological changes in winter flounder , pseudo - pleuronectes americanus.
Trans. Amer. Fish. Soc. ; N°5 ; pp 596-600 ; 1976.
8. Bulletin d'information C.N.E.X.O - C.O.B , BREST.
N°97 ; p 8 ; 1977.
9. BYRNE (J.M) ; BEAMISH (F.W.H) ; SAUNDERS (R.L) .
Influence of salinity , temperature and exercise on plasma osmolality and ion concentration in atlantic salmon.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 29 ; pp 1217-1220 ; 1972.
10. CARDELL (R.D) ; SADDLER (J.B) ; SMITH (L.S) .
Hematological effects of denison tagging upon juvenile pink salmon.
Comp. Biochem. Physiol. ; V 38A ; pp 497-508 ; 1971.
11. CHARLIE (E) SMITH .
Hematological changes in coho salmon fed a folic acid deficient diet.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 25 ; pp 151-156 ; 1968.
12. COCHE (A.G) .
Osmotic regulation in juvenile coho : changes in blood chloride content of yearlings when transferred from fresh to salt water.
Hydrobiologia ; V 30 ; pp 293-302 ; 1967.
13. COURTOIS (L.A) .
Hematology of juvenile striped bass , morone saxatilis , acclimated to different environmental conditions.
Comp. Biochem. Physiol. ; V 54A ; pp 221-223 ; 1976.
14. CURTIS (W) HYEGAARD .
Coho salmon farming in Puget Sound.
Cooperative extension service College of agriculture Washington State University Extension bulletin 647 ; pp 1-14 ; 1975.

15. DANTOUX (C) ; GIRIN (M) ; HARACHE (Y) ; LAUBIER (L) .
La Mer , grands dossiers ; pp 301-360 ; 1975.
16. DAVIS (K.B) ; SIMCO (B.A) .
Salinity effects on plasma electrolytes of channel catfish ,
Ictalurus punctatus.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 33 ; pp 741-746 ; 1976.
17. DEMAEL-SUARD (A) ; BRIOCHON ; GARIN (D) ; MURE (M) ; PERES (G) .
Comp. Biochem. Physiol. ; V 47A ; pp 1023 ; 1974.
18. DUMAN (J.G) ; DEVRIES (A.L) .
The effects of temperature and photoperiod on antifreeze
production in cold water fishes.
J. Exp. Zool. U.S.A ; V 190 ; pp 89-97 ; 1974.
19. EINSZPORN ; ORECKA .
Seasonal variations in the protein composition of blood serum
of tenches.
Polskie Arch. Hydrobiol. Polska ; V 17 ; pp 445-461 ; 1970.
20. FONTAINE (M) ; BOUCHIER-FIRLY (S) .
Recherches sur la réserve alcaline du sang des poissons , ses
variations au cours des changements de salinité.
Bull. Inst. Océanographique ; N°646 ; pp 41-71 ; 1934.
21. FEENEY (R.E) ; DUARNE ; BROWN (W) .
Plasma proteins in fishes.
Chemical Zoology ; V 7 ; pp 307-329 ; 1974.
22. GAREY (W.F) ; RAHN (H) .
O₂ and CO₂ tension in fish.
Physiolgist Wash. ; V 7 ; p 138 ; 1964.
23. GILES (M.A) ; VANSTONE (W.E) .
Changes in ouabaine-sensitive adenosine triphosphatase activity
in gills of coho salmon during parr-smolt transformation.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 33 ; pp 54-62 ; 1976.
24. GOUSSET (J) ; TIXERANT (G) .
Inspection des produits de la pêche.
Inf. Techn. Dir. Serv. Vet. ; N°32 ; pp 90-92 ; 1970.

25. GRIGO (F).
In Wierweit wirkt die Temperatur als Stressor bei Karpfen stoffliche
Zusammensetzung des Blutes unter besonderer Berücksichtigung der
Serumelectrolyte.
Zool. Anz.; V 194; N° 3-4; pp 215-233; 1975.

26. HALL (F.G.); GRAY (I.E.); LEPKOVSKY (S).
The influence of asphyxiation on the blood constituents of marine fishes.
J.Biol. Chem.; V 67; pp 549-554; 1926.

27. HARACHE (Y).
Marine aquaculture of salmon.
Pen-Ar-Bed ; V 9 ; N° 77 ; pp 342-350.; 1974.

28. HOUSTON (A.H.).
Some comments upon acid-base balance in teleost fishes and its relationship
to environmental temperature.
Comp. Biochem. Physiol. ; V 40A ; pp 535-542 ; 1971.

29. HOUSTON (A.H.).
Variations in the plasma level of chloride in hatchery-reared yearling
atlantic salmon during parr-smolt transformation and following transfer
into sea-water.
Nature ; V 185 ; pp 632-633 ; 1967.

30. IVANOVA .
Indices hématologiques de cyprinus carpio L. au cours de l'ontogenèse et en
fonction des conditions d'élevage.
Vopr. Ikhtiolog. SSSR ; V 13 ; N° 3 ; pp 495-507 ; 1973.

31. JOSHI.
Effect of starvation on blood glucose and non protein nitrogen levels of
the fish Clarias.
Experimentia Suisse ; V 30 ; N° 7 ; pp 772-773 ; 1974.

32. LABORATOIRE NATIONAL DE PATHOLOGIE DES ANIMAUX AQUATIQUES, BREST
Influence de la manipulation sur les paramètres sanguins.
Communication personnelle ; 1976.

33. LARSSON (A) ; JOHANSSON-SJOBECK (M.L.) ; FANGE (R).
Comparative study of some haematological and biochemical blood parameters
in fishes from the Skagerak.
J. Fish Biol. ; V 9 ; N° 5 ; pp 425-440 ; 1976.

34. MAC CARTHY ; STEVENSON (J.P.) ; ROBERTS (M.S.).
Some blood parameters of the rainbow trout.
- The Kamloops variety -
J. Fish Biol. ; V 5 ; pp 1-8 ; 1973.

35. MAC CARTHY ; STEVENSON (J.P.) ; ROBERTS (M.S.).
Some blood parameters of the rainbow trout. - The Shasta variety -.
J. Fish Biol. ; V 7 ; pp 215-219 ; 1975.
36. MAC CARTHEY (T.H.).
Effect of supplemental fats in the diet and of water temperature on the total serum chloesterol and total serullipids of brown trout.
Fish. Res. Bull. ; V 28 ; pp 35-42 ; 1965.
37. MAC CARTHEY (T.H.).
The influence of age and sex on the tatal serum cholesterol level in brown trout.
Fish. Res. Bull. ; V 29 ; pp 72-75.; 1965.
38. MOROZOVA (A.L.) ; TRUSEVICH (V.V.) .
Teneur en phosphates acido-solubles des muscles squelettiques et du sang pendant une activité musculaire intense chez un téléostéen.
Zh. Evol. Biokhim. Fiziol.SSSR ; pp 48-55 ; 1971.
39. MORRIS (B).
The proteins and lipids of the plasma of some species of australian fresh and salt water fish.
J. Cell. Comp. Physiol. ; V 54 ; pp 221-230 ; 1959.
40. NATOCHIN ; LAVROVA.
The influence of water salinity and stage in life story on ion concentration of fish blood serum.
J. Fish Biol. ; V 6 ; N° 5 ; pp 545-555 ; 1974.
41. PALACIOS ; RUBIO ; PLANAS.
Plasma chemical composition in the goosfish (Lophius piscatorius).
J. Fish Biol. ; V 4 ; N° 1 ; pp 99-102 ; 1972.
42. PATTON (S) ; CROZIER (G.F) ; BENSON (A.A) .
Serum lipids and the death of spawning Pacific salmon.
Nature ; V 225 ; N°5234 ; pp 754-755 ; 1970.
43. PEREZ (G) ; ZWINGELSTEIN (G) .
Effets physiologiques de certains facteurs de l'environnement sur les métabolismes organiques des poissons.
Ann. Inst. Michel Pacha. ; V 7 ; pp 41-71 ; 1974.
44. PERRIER (H) ; PERRIER (C) ; GUDEFIN (Y) ; GRAS (J) .
Adrenaline-induced hypercholesterolemia in the rainbow trout :
a separate study in mâle and female trout and the effect of adrenergic blocking agents.
Comp. Biochem. Physiol. ; V 43A ; pp 341-347 ; 1972.

43. ROSEMARY (T) HAWKINS ; Lionel (E) MAWDSLEY THOMAS .
Fish haematology, a bibliography.
J. Fish. Biol. ; V 4 ; pp 193-232 ; 1972.
46. ROBERT (H) SCHIFFMAN .
Method for repeated sampling of trout blood.
The progressive fish-culturist ; Oct. ; pp 151-153 ; 1959.
47. SANO (T) .
Seasonal variations of the blood constituents of rainbow trout; changes in blood constituents with growth of rainbow trout.
J. Tokyo University Fisheries ; V 46 ; pp 67-87 ; 1960.
48. SELYE (H) .
Stress and the general adaptation syndrome.
Brit. Med. J. ; V 1 ; pp 1333-1392 ; 1950.
49. SHERSTNEVA (T.A) ; SHABALINA (A.A) .
Quelques aspects du métabolisme lipido-glucidique chez *Salmo irideus*.
Vopr. Ikhtiol. S.S.S.R ; V 13 ; N°4 ; pp 692-698 ; 1973.
50. SHIBATA (H) ; KINUMAKI (T) ; ICHINURA (H) .
Triglyceride, cholesterol, free fatty acid, glucose and protein contents in plasma of cultured rainbow trout.
Bull. Tokai Res. Lab. ; V 77 ; pp 77-87 ; 1974.
51. SIDDIQUI (N) .
Effect of feeding, spawning and size on chemical constituents of the blood plasma of *Clarias batrachus*.
Indian J. Exp. Biol. ; V 13 ; pp 203-205 ; 1975.
52. SOIVO (A) ; OIKARI (A) .
Hematological effect of stress on a teleost: *Esox lucius*.
J. Fish. Biol. ; V 8 ; N°5 ; pp 397-411 ; 1976.
53. SVOBODOVA ; JANECEK .
Relations entre le poids vif, les indices de condition et de conformation du corps et quelques valeurs hématologiques chez la carpe.
Vyzk. Ust. Ryb. Hydrobiol. Vodnany Bul. Cekosl. ; V 9 ; N°3 ; pp 22-25 ; 1973.
54. SWARS (W) .
Blood studies of some marine teleosteans.
Trans. Amer. Fish. Soc. ; V 98 ; pp 328-331 ; 1969.

55. TRIPLETT (E) ; CALAPRICE (I.R) .
Changes in plasma constituents during spawning migration of
Pacific salmon.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 31 ; pp 11-14 ; 1974.

56. VANSTONE (W.E) ; CHANG WAT HO .
Plasma protein of coho salmon as separated by zones electrophoresis
J. Fish. Res. Board Can. ; V 18 ; pp 393-399 ; 1961.

57. WEDEMEYER (G.A) .
Physiological response of juvenile coho salmon and rainbow trout
to handling and crowding stress in intensive fish culture.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 33 ; pp 2699-2702 ; 1976.

58. WEDEMEYER (G.A) .
Some consequences of handling stress on juvenile coho salmon and
steelhead trout.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 29 ; pp 1780-1783 ; 1969.

59. WEDEMEYER (G.A) .
Some physiological aspects of sublethal heat stress in the juvenile
steelhead trout and coho salmon.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 30 ; pp 831-834 ; 1973.

60. WEDEMEYER (G) ; CHATTERTON (K) .
Some blood chemistry values for the rainbow trout.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 27 ; pp 1162-1164 ; 1970.

61. WEDEMEYER (G) ; CHATTERTON (K) .
Some blood chemistry values for the juvenile coho salmon.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 28 ; pp 606-608 ; 1971.

62. ZEITOUN (I.H) ; ULLREY (D.E) ; TACK .
Effect of water salinity and dietary protein levels on total serum
protein and haematocrit of rainbow trout fingerlings.
J. Fish. Res. Board Can. ; V 31 ; pp 1133-1134 ; 1974.

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	2
CHAPITRE I - Le saumon coho, poisson d'aquaculture en BRETAGNE	3
A - Le saumon coho	3
1. Présentation	3
2. Biologie	3
B - La production de saumons de consommation ...	4
1. L'exemple américain	4
2. L'élevage en FRANCE	4
CHAPITRE II - Modifications physiologiques des normes biochimiques du sang chez les poissons	12
A - Facteurs intrinsèques	12
1. Le groupe - L'espèce - La lignée	12
2. L'âge	13
3. La taille - Le poids	14
4. Le sexe	14

5. Le stade biologique	15
6. L'activité	16
B - Facteurs extrinsèques	16
I. L'agression	16
1. Notion de stress	16
2. Effets du stress	17
II. Effets physiologiques de certains facteurs de l'environnement sur les métabolismes organiques et les paramètres sanguins chez les poissons ..	18
1. Oxygénation	18
2. Température	19
3. Salinité	22
4. Alimentation	24
5. Densité de population	25
DEUXIEME PARTIE : TRAVAUX PERSONNELS	26
CHAPITRE I - Matériel et méthodes	27
A - Prélèvements	27
I. Matériel	27
1. Les animaux	27
2. Les appareils	29
II. Méthodes	29
1. Choix d'une technique	29
2. Mise en oeuvre	31
B - Analyses	32
I. Détermination de l'hématocrite	32
1. Principe et matériel	32
2. Mode opératoire	33
II. Dosages chimiques	33
1. Dosage de l'hémoglobine	33
2. Dosage des protéines totales	34
3. Dosage des lipides totaux	34
4. Dosage du cholestérol	35
5. Dosage du calcium	35

III. Dosages biochimiques	36
1. Détermination de la glycémie	36
2. Détermination de l'urémie	37
IV. Dosage des chlorures et du dioxyde de carbone	37
1. Principe	37
2. Mode opératoire	38
V. Dosage du potassium et du sodium	38
1. Principe	38
2. Mode opératoire	39
C - Interprétation statistique	39
CHAPITRE II - Présentation et discussion des résultats obtenus	40
A - Présentation	40
B - Discussion	50
I. Variations liées au milieu	50
1. Etude principale : Carpent et Yvias ..	50
2. Etude principale et complémentaire ...	51
II. Variations liées à l'individu	51
CONCLUSIONS	53
BIBLIOGRAPHIE	54

I L L U S T R A T I O N S e t G R A P H I Q U E S

	Pages
- fig. n°1 : L'exemple Nord-Américain	5
- fig. n°2 : Réalisation actuelle de l'élevage du saumon coho en Bretagne	6
- fig. n°3 : Système de bassins à la pisciculture d'Yvias	9
- fig. n°4 : Système de cages flottantes en rade de Brest	10
- fig. n°5 : Prélèvement de sang sur le saumon coho	30
- fig. n°6 : Anatomie de l'appareil circulatoire des poissons en région caudale	30

